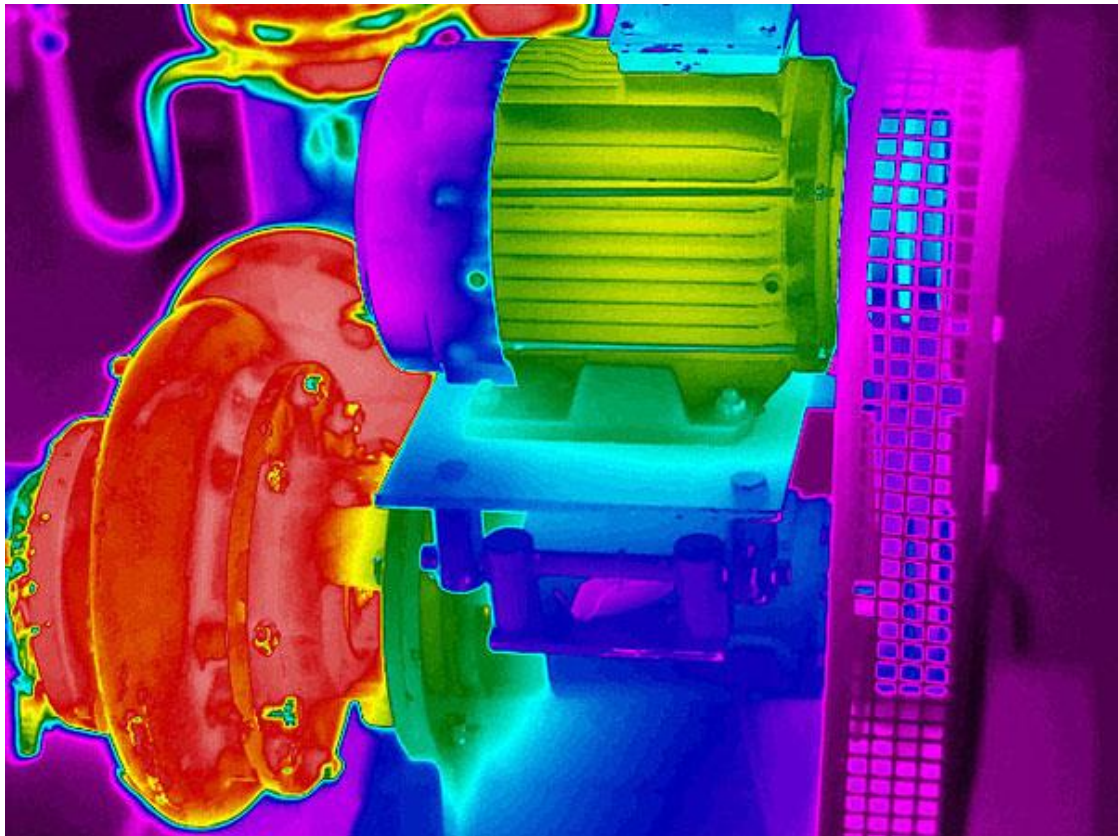


Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά ΤΤ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

**“ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΗΣ
ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ”**

“TECHNICAL MANUAL OF THERMAL INFRARED TESTING”



Ευάγγελος Παυλόπουλος

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος-Στέφανος Νίκας

Αθήνα 2016

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Summary.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ	6
2.1 Στόχοι Θερμογραφίας	6
2.2 Γιατί είναι σημαντική η θερμοκρασία?.....	6
2.3 Τι κάνει τη θερμογραφία τόσο χρήσιμη;	6
2.4 Μια υπέρυθρη εικόνα	8
2.5 Ορισμός υπέρυθρης θερμογραφίας	8
2.6 Εφαρμογές.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εισαγωγή Υπέρυθρης (IR) Κάμερας	11
3.1 Πως χρησιμοποιείται η υπέρυθρη κάμερα. Βασικές λειτουργίες,	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	17
4.1 Έννοιες θερμοκρασίας, θερμότητας και μετάδοσης θερμότητας.	17
4.2 Θερμότητα και θερμοκρασία	17
4.3 Θερμοκρασία.....	18
4.4 Κλίμακες	20
4.5 Κανόνες στη θερμική επιστήμη.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	24
5.1 Μορφές μεταφοράς θερμότητας.....	24
5.2 Αγωγιμότητα.....	24
5.3 Συναγωγή.....	34
5.3 Εξάτμιση και συμπύκνωση.....	36
5.4 Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ.....	39
6.1 Κύματα.....	39
6.2 Θερμική ακτινοβολία	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	44
7.1 Τρόποι ανταλλαγής ακτινοβολίας.....	44
7.2 Προσπίπτουσα ακτινοβολία.....	44
7.3 Εκπεμπόμενη ακτινοβολία.....	46
7.4 Συνολικά εκπεμπόμενη ακτινοβολία	47
7.5 Εξισώσεις ακτινοβολίας	49

7.6	Μέλανα σώματα.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ		52
8.1	Αρχή κάμερας.....	52
8.2	Ορατό εναντίον υπέρυθρου.....	53
8.3	Θερμική εικόνα.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ		59
9.1	Θερμική κλίση	59
9.2	Εργαλεία κάμερας για ενίσχυση σχεδίου	60
9.3	Ισοθερμικό.....	62
9.4	Παλέτες.....	65
9.5	Προφίλ.....	67
9.6	Ανάλυση εικόνας –Παραπλανητικά σχέδια	68
9.7	Αντανακλάσεις από διαφορετικές πηγές.....	73
9.8	Διάφορες αντανακλαστικές πηγές	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ		76
10.1	Ποιοτική Θερμογραφία	76
10.2	Ποσοτική Θερμογραφία	76
10.3	Σύγκριση ποιοτικής και ποσοτικής.....	77
10.4	Εσφαλμένα κριτήρια ταξινόμησης.....	79
10.5	Αρχικά/Βασικά δεδομένα.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: Τεχνικές υπέρυθρης μέτρησης		84
11.1	Μέτρηση θερμοκρασίας με ακτινοβολία.....	84
11.2	Ακτινοβολούμενη ενέργεια και θερμοκρασία	84
11.3	Εργαστήριο βαθμονόμησης	87
11.4	Έλεγχος βαθμονόμησης	88
11.5	Αντιστάθμιση για τις επιπτώσεις από το περιβάλλον	90
11.6	Αντιστάθμιση για τις επιπτώσεις των περιβαλλόντων	92
11.7	Αντιστάθμιση για τον υπολογισμό εκπομπής και θερμοκρασίας	96
11.8	Μετρητικά εργαλεία κάμερας.....	99
11.9	Συντελεστής εκπομπής.....	104
11.10	Αποφυγή ευσεβών πόθων	111
11.11	Συντελεστής εκπομπής και «φαινόμενη» ανακλώμενη θερμοκρασία.....	112
11.12	Μέτρηση της εκπομπής.....	116
11.13	Χωρική ανάλυση.....	118

Περίληψη

Αυτό το εγχειρίδιο έχει σκοπό να δώσει τις βασικές γνώσεις για την επιστήμη της Θερμογραφίας, δηλαδή την οπτική απεικόνιση της θερμοκρασιακής κατάστασης των σωμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική για την άντληση πληροφοριών για τα σώματα που ερευνώνται. Έτσι βρίσκει εφαρμογές στη βιομηχανία, στα ηλεκτρολογικά, στα ρευστά και σε πολλά άλλα πεδία. Αναφέρει τον τρόπο και τον εξοπλισμό που χρειάζεται για να γίνει μία έρευνα θερμογραφίας και μέσα από διάφορα παραδείγματα εξηγεί τα οφέλη που προκύπτουν από την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων της εκάστοτε έρευνας. Περιέχει πληροφορίες για την μετάδοση θερμότητας την συμπεριφορά διάφορων υλικών και τις ιδιότητές τους αλλά και της παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμογραφία όπως ατμόσφαιρα τρόπους πρόσδοσης ενέργειας κτλ. Απώτερος σκοπός του εγχειριδίου είναι να μυήσει τους αναγνώστες στον απέραντο κόσμο της θερμογραφίας το κλειδί της οποίας είναι η συνεχόμενη και αέναη μελέτη μέσα από την πειραματική έρευνα.

Summary

The purpose of this manual is to provide basic knowledge of Thermography science, which is the visual depiction of temperature state of bodies. This occurs because temperature is very important for the information provided by the investigated bodies. Therefore it can be used in industry, in electrical applications, in fluids and many more fields. It reports the equipment and the how-to needed for a thermography research to happen and with multiple examples explains the benefits that contribute from the results of each research. It contains information on heat transfer, the behavior of different materials and their properties, but also the parameters that influence thermography such as the atmosphere, different ways of energy supply etc. This manual aims at introducing the readers to the vast field of thermography which is characterized by the continues conduct of experimental research.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή είναι το βασικό εγχειρίδιο για το πρώτο επίπεδο εκπαίδευσης στην υπέρυθρη θερμογραφία. Είναι μέρος του εκπαιδευτικού πακέτου που λαμβάνουν όλοι οι σπουδαστές του επιπέδου 1. Είναι γραμμένο με τέτοιο τρόπο που μπορεί να διαβαστεί σαν απλό βιβλίο, όχι σαν εκπαιδευτικές σημειώσεις.

Το εκπαιδευτικό πακέτο που περιέχει αυτό το εγχειρίδιο, δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας μια συστηματική προσέγγιση. Προτού γραφτεί έστω και μια λέξη στο εγχειρίδιο, αναπτύχθηκε ένα σύνολο μαθησιακών στόχων που καθόρισε ακριβώς αυτό που περιμένουμε να μάθει ο κάθε σπουδαστής από το πρώτο επίπεδο. Έχει συγκεντρώσει από την πρακτική και θεωρητική γνώση, αυτά που χρειάζεται να ξέρει ένας σπουδαστής του πρώτου επιπέδου θερμογραφίας.

Έχει ελεγχθεί όλη η διαδικασία των εκπαιδευτικών μαθημάτων. Το υλικό έχει διασταυρωθεί ώστε να ταιριάζει με τους στόχους των μαθημάτων. Ότι περιλαμβάνεται στο αντικείμενο του στόχου του μαθήματος πρέπει να διδαχθεί και οτιδήποτε δεν αποτελεί μέρος του δεν διδάσκεται. Τα αντικείμενα του μαθήματος καθοδηγούν κάθε μέρος του μαθήματος και της ανάπτυξης του, μέχρι και τις ερωτήσεις της εξέτασης, ενώ κατά τη διαδικασία ανάπτυξης, οι έννοιες έχουν ελεγχθεί στα πεδία του μαθήματος.

Αυτό το εγχειρίδιο έχει συνταχθεί κατά το μετρικό σύστημα σχετικά με τις μονάδες μέτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία της Θερμογραφίας και σε κάποιες σημαντικές εφαρμογές της.

2.1 Στόχοι Θερμογραφίας

- Ορισμός υπέρυθρης θερμογραφίας
- Κατανόηση των υποκατηγοριών που αποτελούν την υπέρυθρη θερμογραφία
- Κατανόηση της σημασίας της θερμοκρασίας σαν παράμετρο ελέγχου
- Κατανόηση του τι κάνει τη θερμογραφία μοναδική και χρήσιμη
- Ικανότητα ανάκλησης παραδειγμάτων από εφαρμογές της υπέρυθρη θερμογραφίας

2.2 Γιατί είναι σημαντική η θερμοκρασία?

Η θερμοκρασία είναι πρωταρχική μεταβλητή σχεδόν σε όλες τις καταστάσεις και διαδικασίες. Αυτά είναι μεγάλα λόγια αλλά μπορούν να υποστηριχθούν. Ορίστε μερικά παραδείγματα. Εάν η θερμοκρασία του σώματος μας αποκλίνει από το κανονικό, αισθανόμαστε άρρωστοι. Αν ψήσουμε ένα κέικ σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, θα έχει άσχημη γεύση. Αυτά είναι μερικά καθημερινά παραδείγματα.

Στη βιομηχανία επίσης, έχουμε αρκετά παραδείγματα. Η χύτευση είναι ένα από αυτά. Η κεντρική ιδέα της διαδικασίας είναι να αλλάξουμε θερμοκρασία σε ένα υλικό μέχρι να λιώσει, να το ανασχηματίσουμε και να επαναφέρουμε τη θερμοκρασία εκεί που στερεοποιείται ώστε να έχουμε το προϊόν. Η απόσταση, όπως πχ σε ένα διυλιστήριο, βασίζεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες βρασμού και υγρασίας των διάφορων συστατικών που περιέχονται στο ακατέργαστο πετρέλαιο. Χρησιμοποιώντας αυτό, μπορούν να διαχωριστούν και τα διαφορετικά κλάσματα.

Η θερμοκρασία είναι μείζονος σημασίας και ο έλεγχος της επιφέρει υψηλότερη ποιότητα, μεγαλύτερη ασφάλεια και εξοικονόμηση χρήματος.

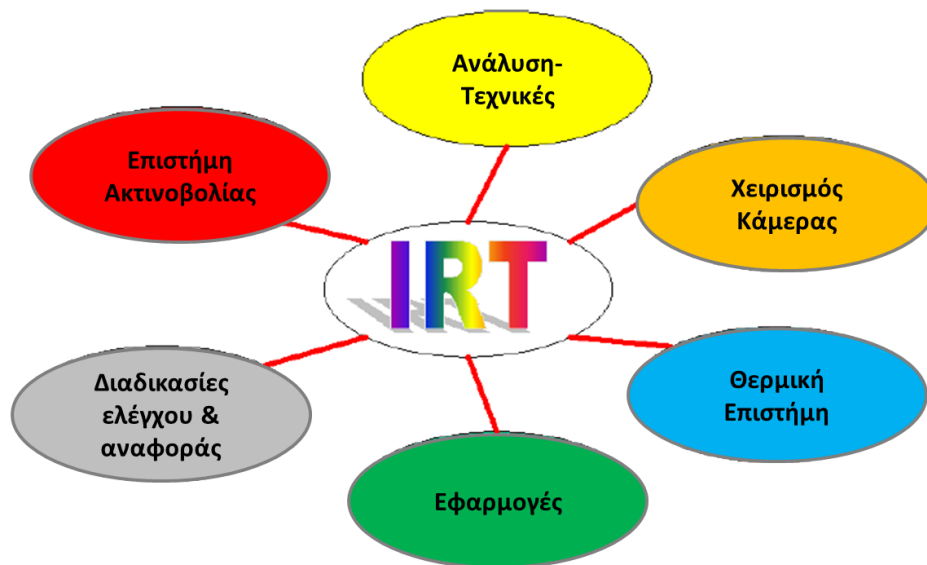
2.3 Τι κάνει τη θερμογραφία τόσο χρήσιμη;

Υπάρχουν τρία πράγματα που κάνουν την υπέρυθρη θερμογραφία τόσο μοναδικά χρήσιμη.

α) Είναι χωρίς επαφή και απομακρυσμένης ανίχνευσης

Αρχικά κρατάει το χρήστη μακριά από κινδύνους. Για παράδειγμα στη συντήρηση ηλεκτρολογικών εφαρμογών όπου απαγορεύεται η επαφή με ηλεκτροφόρα μέρη. Και εάν δεν υπάρχει φορτίο, δεν υπάρχει άνοδος θερμοκρασίας να μετρηθεί. Η απόσταση και η προσβασιμότητα είναι άλλο ένα πρόβλημα που μπορούμε να προσπεράσουμε, όπως η καταμέτρηση σε κινούμενα ή περιστρεφόμενα αντικείμενα.

Κατά δεύτερον, η θερμογραφία δεν εισβάλλει ούτε αλλοιώνει στο ελάχιστο το αντικείμενο. Κοιτάζουμε μόνο τη φυσιολογική έκλυση ακτινοβολίας που υπάρχει, είτε τη βλέπουμε είτε όχι. Αυτή είναι πολύ σημαντική προϋπόθεση για πολλές εφαρμογές.



Σχήμα 2:1 Οι βασικές αρχές που θεμελιώνουν τη θερμογραφία

β) Είναι δισδιάστατη

Είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ περιοχών στο αντικείμενο. Μπορούμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία σε δυο σημεία ή και σε εκατοντάδες σημεία στην ίδια εικόνα και να τις συγκρίνουμε. Η απεικόνιση επιτρέπει την άριστη επισκόπηση του αντικειμένου. Με την απεικόνιση μπορούμε να εντοπίσουμε τα προβλήματα ή ποιά σημεία έχουν ειδικό ενδιαφέρον. Δεν χρειάζεται να ξέρουμε εκ των προτέρων που ακριβώς πρέπει να γίνει η μέτρηση, μπορούμε να το αποφασίσουμε χρησιμοποιώντας την απεικόνιση. Η ανάλυση θερμικών μοτίβων δε μπορεί να γίνει χωρίς απεικόνιση. Η θερμογραφία οπτικοποιεί τα θερμικά μοτίβα ώστε να γίνει η ανάλυση τους.

γ) Σε πραγματικό χρόνο

Η απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο μας επιτρέπει την πολύ γρήγορη σάρωση των στατικών στόχων. Φανταστείτε να χρησιμοποιούσαμε φωτογραφικό φιλμ στη θερμογραφία, θα μας έπαιρνε μέρες η διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Πολλές επικίνδυνες καταστάσεις θα ανακαλύπτονταν πολύ αργά! Ακόμα και η αναμονή για να εμφανιστεί η εικόνα σε αργές υπέρυθρες κάμερες, που δείχνουν ένα στιγμιότυπο της εικόνας του στόχου θα έκανε τη δουλειά πολύ πληκτική.

Δουλεύουμε με την ταχύτητα του φωτός! Κανένας στόχος δεν μπορεί να ξεφύγει από την ίδια του την ακτινοβολία και με τα σημερινά υπερεξελιγμένα εργαλεία μπορούμε να ' πιάσουμε' και τους πιο γρήγορους στόχους.

Η μέτρηση με επαφή της θερμοκρασίας, πάντα θα έχει ένα χρόνο προσαρμογής ο οποίος αντιδρά με καθυστέρηση ως προς τη μέτρηση. Ο χαρακτήρας της υπέρυθρης θερμογραφίας που είναι σε πραγματικό χρόνο, μας επιτρέπει να καταγράφουμε και τις πιο γρήγορες αλλαγές των θερμικών μοτίβων, χωρίς να αλλοιώνουμε τη μεταβολή τους.

δ) Η θερμογραφία επεκτείνεται σε πολλά πεδία

Η θερμογραφία είναι μια απίστευτα ποικιλόμορφη τεχνολογία που προϋποθέτει γνώσεις και ικανότητες σε μεγάλη ποικιλία γνωσικών πεδίων. Το να ξέρεις να παίρνεις μια θερμική απεικόνιση δε σε πάει και πολύ μακριά. Πρέπει να είσαι σε θέση να αναλύσεις την εικόνα και να καταλαβαίνεις τις συνέπειες αυτού που βλέπεις. Αυτό προϋποθέτει την κατανόηση των παρακάτω θεμάτων

2.4 Μια υπέρυθρη εικόνα

Για όσους δεν έχουν ξαναδεί υπέρυθρη εικόνα ιδού μια γρήγορη επεξήγηση για να καταλάβετε περί τίνος πρόκειται.



Σχήμα 2:2 Θερμική απεικόνιση αυτοκινήτου

Οι σκοτεινότερες περιοχές είναι αυτές που αντανακλούν λιγότερη θερμική ακτινοβολία και αυτό σημαίνει ότι οι περιοχές αυτές είναι ψυχρότερες. Στις θερμότερες συμβαίνει το αντίθετο. Περισσότερη ακτινοβολία, θερμότερο αντικείμενο.

Τι μας λέει αυτή η εικόνα; Μπορούμε να ανακαλύψουμε περισσότερα από ότι μας λέει μια απλή οπτική εικόνα. Φαίνεται ότι τα φώτα είναι αναμμένα ή ότι έσβησαν πρόσφατα. Το αυτοκίνητο ίσως οδηγήθηκε πρόσφατα γιατί οι τροχοί είναι θερμότεροι από το υπόλοιπο αυτοκίνητο. Το μοτίβο του παρμπρίζ μας λέει ότι η αντίσταση είναι αναμμένη και η θερμότητα ομοιόμορφα κατανεμημένη. Ο κινητήρας λειτουργεί ή έσβησε πρόσφατα επειδή η ακτινοβολία είναι θερμή πίσω από τη γρίλια. Μόνο το χρώμα του αυτοκινήτου δε μπορούμε να καταλάβουμε από αυτή την εικόνα!

2.5 Ορισμός υπέρυθρης θερμογραφίας

‘Η υπέρυθρη θερμογραφία είναι η επιστήμη της απόκτησης και ανάλυσης θερμικών πληροφοριών από μη εξ επαφής συσκευές θερμικής απεικόνισης.’

Θερμογραφία σημαίνει 'γράφω με θερμότητα', όπως φωτογραφία σημαίνει γράφω με φως'.

'Υπέρυθρη' αυτό χαρακτηρίζει τη θερμογραφία ως μέθοδος μη επαφής – υπάρχουν τρόποι να δημιουργήσουμε θερμικές εικόνες με μεθόδους επαφής αλλά δε θα ασχοληθούμε με αυτές.

Η λέξη 'επιστήμη' δεν πρέπει να μας τρομάζει. Σχεδόν όλα στην καθημερινότητάς μας μπορούν να ερμηνευθούν ως επιστήμη αν τα αναλύσουμε πέρα από την κοινή γνώση. Στη δική μας περίπτωση πρέπει να ξέρουμε πώς να παίρνουμε θερμογραφήματα και να τα αναλύουμε. Αυτό προϋποθέτει το χειρισμό των εργαλείων και την κατανόηση της θερμότητας, της θερμοκρασίας και της μετάδοσης της θερμότητας που είναι κομμάτι του θεωρητικού μέρους αυτού του εγχειριδίου.

Οι κάμερες μας είναι άνευ επαφής συσκευές καταγραφής θερμότητας. Είναι δυνατόν να μετρήσουμε τη θερμοκρασία με υπέρυθρη ακτινοβολία χωρίς να δημιουργήσουμε την απεικόνιση αλλά αυτό δεν είναι θερμογραφία.

2.6 Εφαρμογές

Έχοντας υπόψιν τη σημασία της θερμοκρασίας και τη μεγάλη χρησιμότητα και ευελιξία της θερμογραφίας, δεν αποτελεί έκπληξη ότι οι εφαρμογές που έχουν ανακαλυφθεί με το πέρασμα των χρόνων είναι πολλές και ποικίλες.

Αυτό το εγχειρίδιο δεν αποσκοπεί μόνο σαν εγχειρίδιο εφαρμογών αλλά πιο πολύ σαν εγχειρίδιο εκμάθησης της θερμογραφίας γενικότερα. Αλλά αυτό δε σημαίνει ότι θα αποφύγουμε τις εφαρμογές! Θα δείτε πολλά καθημερινά παραδείγματα σε αυτό το βιβλίο, ειδικά στις πιο συνηθισμένες εφαρμογές της Κατάστασης Παρακολούθησης, όπως ηλεκτρολογικά, κατασκευαστικά και διαδικαστικά.

Η υπέρυθρη θερμογραφία χρησιμοποιείται στην Παρακολούθηση Κατάστασης (ΠΚ), για να βελτιστοποιήσει τη συντήρηση και να διατηρήσει τη ροή της παραγωγής ασφαλή και με το λιγότερο δυνατό κόστος.

α) Παρακολούθηση Κατάστασης (ΠΚ)

Ακολουθούν παραδείγματα εφαρμογών της ΠΚ.

- Ηλεκτρολογικά
- Κατασκευαστικά
- Υψικάμινοι και βραστήρες
- Μηχανολογικά, τριβής
- Δεξαμενές και σκεύη
- Προβλήματα ροής ρευστών

β) Έρευνα και ανάπτυξη

Για επιστημονική έρευνα και ανάπτυξη προϊόντων η θερμογραφία προσφέρει μοναδικές πιθανότητες. Στην έρευνα οι εφαρμογές της είναι ατελείωτες. Στην ανάπτυξη προϊόντων ένα σημαντικό παράδειγμα είναι στην επαλήθευση σχεδιασμού.

γ) Ιατρική και κτηνιατρική

Η μη εισβολή που χαρακτηρίζει τη θερμογραφία την καθιστά πολύ χρήσιμη και εντελώς ακίνδυνη σε ιατρικές εφαρμογές. Ένα ζώο δεν μπορεί να μας πει πού πονάει, έτσι για τον κτηνίατρο, η θερμογραφία είναι ένα χρήσιμο εργαλείο.

δ) Έλεγχος ποιότητας και παρακολούθηση διαδικασίας

Οι υπέρυθρες κάμερες απαντώνται όλο και πιο συχνά σε εργοστάσια, για ελέγχους ποιότητας και συνεχόμενης μέτρησης της θερμοκρασίας στην γραμμή παραγωγής.

ε) Μη καταστροφικός έλεγχος

Η θερμική ακτινοβολία πάντα εκπέμπεται από την επιφάνεια, αλλά με λίγη ευφάνταστη δουλειά με τη θερμογραφία, μπορούμε να εντοπίσουμε σφάλματα κάτω από την επιφάνεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εισαγωγή Υπέρυθρης (IR) Κάμερας

3.1 Πως χρησιμοποιείται η υπέρυθρη κάμερα. Βασικές λειτουργίες.

Η εκμάθηση χρήσης της υπέρυθρης κάμερας απαιτεί εξάσκηση. Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται με το γενικό χειρισμό της κάμερας. Σκοπός του είναι να σας δείξει συμβουλές για τη δική σας διευκόλυνση και να αποτρέψει καταστροφικά λάθη.

Τα υπέρυθρα συστήματα είναι διαφορετικά και η ανάπτυξή τους πολύ γρήγορη γι' αυτό και τα κανονικά κουμπιά και χειριστήρια δεν περιλαμβάνονται στο κεφάλαιο. Αντί αυτού επικεντρωνόμαστε στα βασικά των υπέρυθρων συστημάτων.

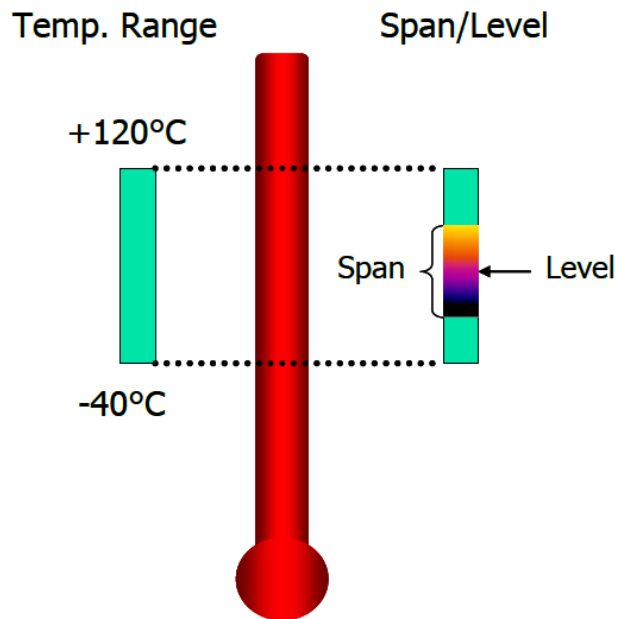
- Τοποθέτηση μπαταριών και μονάδων μνήμη
- Διακόπτης on/off
- Ρύθμιση εστίασης του σκόπευτρου
- Εστίαση οπτικού στόχου
- Αυτόματη ρύθμιση εικόνας
- Χειρισμός γενικού μενού
- Χειροκίνητη ρύθμιση εικόνας (επίπεδο/ εύρος)
- Χειρισμός λειτουργιών μέτρησης
- Πάγωμα και αποθήκευση της εικόνας

α) Έλεγχος της εικόνας

Τα ονόματα και ο τρόπος που χρησιμοποιούνται τα χειριστήρια μπορεί να είναι διαφορετικός αλλά οι βασικές αρχές είναι ίδιες. Εδώ χρησιμοποιείται η πιο πρόσφατη τεχνολογία.

β) Περιοχή θερμοκρασίας

Η περιοχή της θερμοκρασίας είναι η βασική ρύθμιση. Οι περισσότερες συσκευές έχουν 2-5 περιοχές θερμοκρασιών. Η περιοχή είναι η ρύθμιση στην οποία μπορούμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία. Όσο στενότερα και ευρύτερα είναι τα όρια τόσο πιο εύκολο είναι να χρησιμοποιηθεί το όργανο. Το εύρος θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους και συνδυασμούς. Η ανάγκη να έχουμε περιοχή θερμοκρασιών είναι ίδια για κανονικές κάμερες και τα διαφράγματά τους. Πρέπει να περιορίσουμε την ακτινοβολία που φτάνει στον ανιχνευτή αλλιώς θα γεμίσει και θα υπερφορτωθεί με ενέργεια. Τα διαφράγματα χρησιμοποιούνται σε πολλά παλιότερα συστήματα και ελέγχονται με μηχανικό διακόπτη ή κουμπιά. Η δεύτερη μέθοδος είναι τοποθετώντας ένα φίλτρο στη διαδρομή της ακτινοβολίας που περιορίζει την ακτινοβολία που φτάνει στον ανιχνευτή, όπως τα γυαλιά ηλίου. Η τρίτη μέθοδος είναι η ηλεκτρονική μείωση της ευαισθησίας του ανιχνευτή.

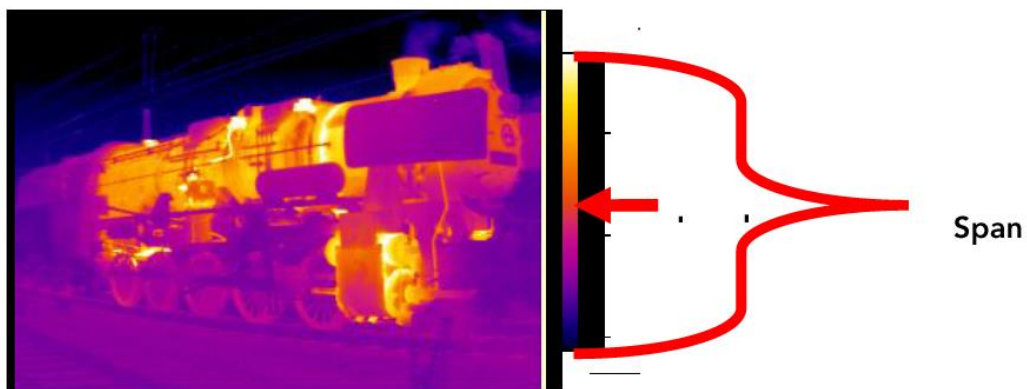


Σχήμα 3:1 Η εικόνα ελέγχεται επιλέγοντας μία περιοχή θερμοκρασίας και θέτοντας εύρος και επίπεδο.

Αν θέλαμε να δείξουμε τα χρώματα της παλέτας της εικόνας για όλο το θερμοκρασιακό εύρος, πολύ λίγα από τα χρώματα θα ανταποκρίνονταν στις θερμοκρασίες της εικόνας. Θα καταλήγαμε σε μια πολύ θαμπή εικόνα. Μπορείτε να το δοκιμάσετε αυτό με την κάμερα. Θέτοντας ένα πολύ φαρδύ άνοιγμα και διαφοροποιώντας το επίπεδο μέχρι να εμφανιστεί μια εικόνα και δείτε το αποτέλεσμα.

γ) Επίπεδο και Περιοχή

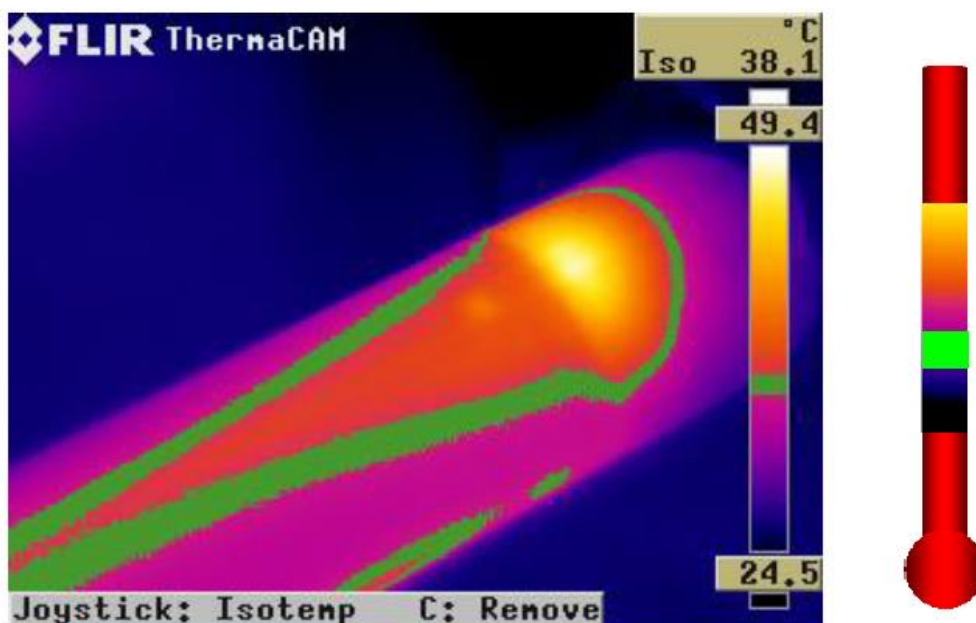
‘Περιοχή’ (Span) είναι η θέση μέσα στο θερμοκρασιακό εύρος το οποίο χρησιμοποιούμε. Ένας άλλος όρος να κατανοήσουμε την περιοχή είναι η ‘θερμική αντίθεση’. Μπορούμε να κάνουμε την περιοχή ευρύτερη ή στενότερη. Τα περισσότερα συστήματα παρουσιάζουν 256 χρώματα. Αυτό δεν εξυπηρετεί μόνο τεχνικούς σκοπούς αλλά και πρακτικούς. Τα ανθρώπινα μάτια δεν είναι ικανά να δούνε τη διαφορά μεταξύ περισσότερων χρωμάτων στην ίδια εικόνα και οι οθόνες δεν μπορούν να δείξουν περισσότερα.



Σχήμα 3.2 Επίπεδο και Περιοχή

Για παράδειγμα εάν θέταμε την περιοχή στις 50 μοίρες, τα χρώματα θα εξαπλώνονταν πέρα από αυτό το θερμοκρασιακό πλάτος, αλλά πόσο να το θέταμε 0-50, 25-75 ή 50-100. Εάν το ορίζαμε 50-100 και παρακολουθούσαμε το σκηνικό της θερμοκρασίας δωματίου δεν θα εμφανιζόταν καμία εικόνα. Ολόκληρη η εικόνα αντ' αυτού θα είχε το χρώμα που θα ανταποκρίνεται στο 'υπό των 50' στην κλίμακά μας, που είναι συνήθως το μαύρο!

'Επίπεδο' ορίζεται το μεσαίο σημείο του ανοίγματος. Ένας άλλος τρόπος να ορίσουμε το επίπεδο είναι 'θερμική φωτεινότητα'. Η επίλυση του προβλήματος που παρουσιάζεται παραπάνω είναι να μετακινήσουμε την 50-μοιρών περιοχή προς τα κάτω στην κλίμακα, ώστε να κάνουμε τα χρώματα να καλύπτουν το σκηνικό της θερμοκρασίας δωματίου που παρακολουθούμε. Όταν το κάνουμε αυτό μπορεί να διαπιστώσουμε ότι και πάλι δεν χρησιμοποιούμε όλα τα χρώματα στην κλίμακα. Μπορούμε να βελτιώσουμε περισσότερο τη ρύθμιση. Εδώ και δέκα χρόνια περίπου, τα όργανα έχουν αυτόματη λειτουργία. Η αυτορρύθμιση μας δίνει μια - μη άρτια - ρύθμιση Επιπέδου και Περιοχής της εικόνας ώστε να μην χρονοτριβούμε. Αυτές οι λειτουργίες συνήθως δεν είναι αρκετές εάν θέλουμε να αναλύσουμε την εικόνα εις βάθος, έτσι πρέπει να γνωρίζουμε να χειριζόμαστε τις ρυθμίσεις επιπέδου και περιοχής. Θα εξηγηθεί ο χειρισμός των ρυθμίσεων για ανάλυση της εικόνας σε επόμενο κεφάλαιο μαζί με άλλες μεθόδους. Προς το παρόν πρέπει να γνωρίζεται το πρακτικό χειρισμό και τις λειτουργίες σε θεωρητικό επίπεδο.



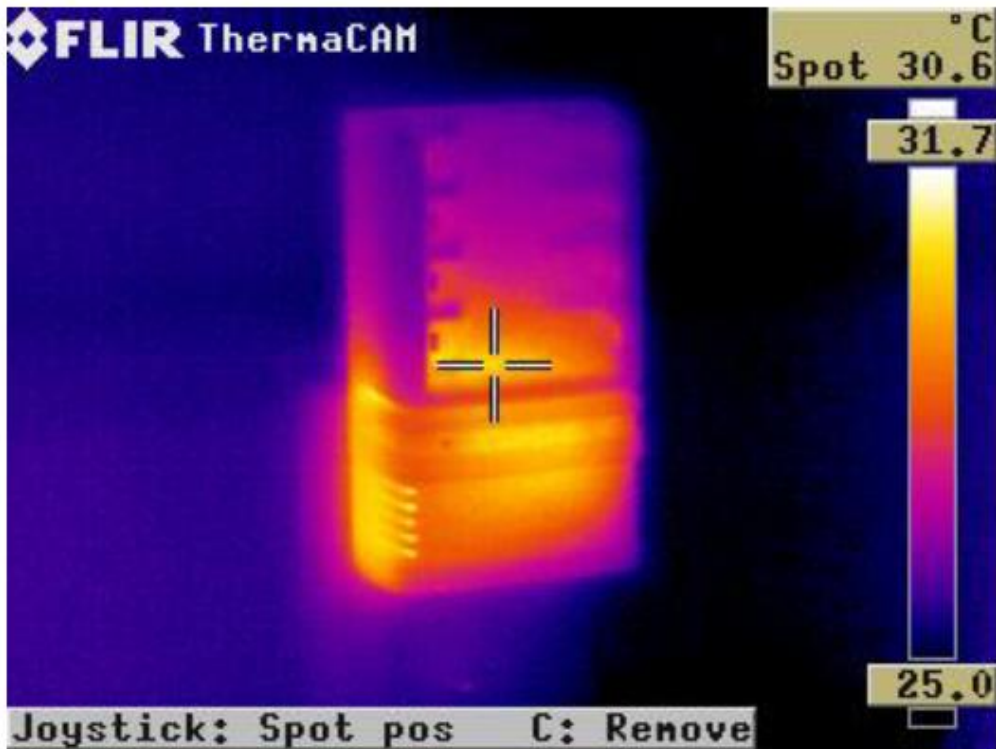
Σχήμα 3.3 Το ισοθερμικό αντικαθιστά συγκεκριμένα χρώματα στην κλίμακα, με ανακλώντα.

δ) Λειτουργίες μέτρησης

Οι μοντέρνες κάμερες προσφέρουν πολλές λειτουργίες για μέτρηση θερμοκρασίας. Η παλαιότερη από αυτές είναι η ισοθερμική. Η ισοθερμική δεν θα εδραιωνόταν εάν δεν ήταν τόσο καλή. Είναι ακόμα μία πολύ χρήσιμη και ευέλικτη λειτουργία όπως θα διαπιστώσετε και εσείς.

Η δεύτερη ανακάλυψη, ιστορικά, είναι η μέτρηση σημείου. Είναι μια πολύ διαδεδομένη λειτουργία χάρη στην απλότητά της. Οι λειτουργίες περιοχής που δείχνουν τις θερμότερες, ψυχρότερες ή κανονικές θερμοκρασίες σε μια περιοχή είναι επίσης πολύ χρήσιμες.

Όταν εξασκείστε χρησιμοποιώντας την κάμερα πρέπει να οικειοποιηθείτε με τις λειτουργίες που είναι διαθέσιμες στην κάμερα και να εξασκηθείτε στη λειτουργία τους.



Σχήμα 3.4 Η μέτρηση σημείου είναι απλή και άνετη λειτουργία



Σχήμα 3.5 Σε αυτή την εικόνα η περιοχή λειτουργίας έχει τεθεί έτσι ώστε να δείχνει την μέγιστη θερμοκρασία στο κουτί.

ε) Λήψη εικόνας

Η λήψη μιας εικόνας γίνεται παγώνοντας ή αποθηκεύοντας τη ή και τα δυο με διαδοχική σειρά. Φυσικά για την παρατήρηση, η εικόνα πρέπει πρώτα να αποθηκευθεί στην κάμερα ώστε να μεταφερθεί σε έναν υπολογιστή για να δημιουργηθεί ένας φάκελος για αντιγραφή.

στ) 'Το Μεγάλο Τρία'

Υπάρχουν κάποιοι κανόνες που είναι γενικοί, ανεξαρτήτου τύπου μηχανής που χρησιμοποιείται.

Τρία πράγματα δε μπορούν ποτέ να αλλάξουν αφού παγώσετε ή απόθηκευσετε την εικόνα.

1. Εύρος θερμοκρασίας
2. Οπτική εστίαση
3. Σύνθεση εικόνας
4. (Σε κάποιες κάμερες, υπάρχει περιορισμός στην αλλαγή του επιπέδου και του ανοίγματος μετά τη λήψη)

Πρέπει να σιγουρευτείτε ότι τα έχετε όλα σωστά αλλιώς θα έχετε κακό αποτέλεσμα (ή και καθόλου!) αλλιώς θα πρέπει να κάνετε εκ νέου λήψη της εικόνας!

ζ) Εύρος θερμοκρασίας

Εξηγήσαμε και προηγουμένως τι σημαίνει εύρος θερμοκρασίας και όπως σε κάθε μηχανή μέτρησης πρέπει να θέσετε το εύρος που περιλαμβάνει αυτό που θέλετε να μετρήσετε. Ισχύει επίσης για τις περισσότερες συσκευές ότι αν θέσετε το εύρος ευρύτερα από αυτό που πρέπει, πάσχει η ακρίβεια της μέτρησης. Για να το θέσουμε απλά δεν μπορείτε να διαβάσετε μιλιβόλτ αν το όργανό σας μετράει κιλοβόλτ.

η) Οπτική εστίαση

Η οπτική εστίαση είναι σημαντική όχι μόνο επειδή μια κακώς εστιασμένη εικόνα αντανακλά πολύ άσχημα στο θερμογράφο αλλά φαίνεται και πολύ αντιεπαγγελματική. Οι αναφορές σας είναι συνήθως το μόνο δείγμα της δουλειάς σας που οι άλλοι άνθρωποι βλέπουν κι εκεί σχηματίζουν άποψη για τη δουλειά σας. Αλλά δε σταματάει εκεί, η αλήθεια είναι ότι η ακρίβεια της μέτρησης σας επηρεάζεται από την εστία. Μη εστιασμένες εικόνες θα σας δώσουν ψευδείς θερμοκρασιακές ενδείξεις.

θ) Σύνθεση εικόνας

Η σύνθεση εικόνας περιλαμβάνει πολλά μέρη. Πραγματεύεται με τον τρόπο που παρουσιάζετε το στόχο στην εικόνα. Δε θέλετε να βάλετε το στόχο σας απομακρυσμένο στη γωνία. Ούτε πολύ κοντά ώστε σημαντικές πληροφορίες να μην περιληφθούν. Το πιο συνηθισμένο λάθος που κάνουν οι αρχάριοι είναι ότι στέκονται πολύ μακριά από το στόχο. Η γενική συμβουλή είναι να ΠΛΗΣΙΑΣΕΤΕ! Ναι, κρατήστε μια ΑΣΦΑΛΗ απόσταση! Πολλές φορές βέβαια βλέπουμε εικόνες που το πεδίο της θέασης της κάμερας υποχρησιμοποιείται. Και ακριβώς όπως και με την εστίαση, η σύνθεση της εικόνας δεν είναι μόνο θέμα απεικόνισης του στόχου. Καλά το μαντέψατε!

Αν είστε πολύ μακριά από το στόχο σας (π.χ ο στόχος είναι πολύ μικρός για την απεικόνιση) δε μπορείτε να μετρήσετε τη θερμοκρασία σωστά! Το πως ακριβώς αυτό δουλεύει θα εξηγηθεί στη συνέχεια.

ι) Συσκευές αποθήκευσης

Οι Polaroid φωτογραφίες του παρελθόντος είναι κάτι που ευτυχώς δε χρειάζεται να αντιμετωπίσουμε πλέον. Τώρα αποθηκεύουμε τις εικόνες ψηφιακά σε δίσκους, κάρτες sub. Κάποιες κάμερες έχουν απευθείας σύνδεση σε υπολογιστή χρησιμοποιώντας κάρτες μνήμης με καλώδιο sub. Οικειοποιηθείτε με τη συσκευή αποθήκευσης που χρησιμοποιεί η κάμερα σας και βεβαιωθείτε ότι είναι μαζί σας όταν φύγετε από το γραφείο. Καλό είναι να έχετε και μια δεύτερη για άμεση ανάγκη.

Πρέπει να βεβαιωθείτε ότι ο υπολογιστής σας έχει τη δυνατότητα να εισάγει τις εικόνες, για παράδειγμα αν αποθηκεύετε εικόνες σε μια κάρτα υπολογιστή, τότε πρέπει ο υπολογιστής να την αναγνώσει.

ια) Πρακτικές συμβουλές

Εν συντομία προτείνουμε τα ακόλουθα δύο πράγματα

- Έχετε την οθόνη σας καθαρή!
- Παγώστε προτού αναλύσετε!

Κρατήστε την απεικόνιση της κάμερας όσο πιο καθαρή μπορείτε καθώς σαρώνετε ένα ζωντανό στόχο. Κρατήστε τις λιγότερες λειτουργίες μέτρησης ενεργές ή και καμία. Ο περισσότερος χρόνος που περνάτε στη δράση, χρησιμοποιείται για την εύρεση πιθανών προβλημάτων ή ανωμαλιών. Όπως θα μάθετε αργότερα στο μάθημα, αυτή η εργασία δεν περιλαμβάνει τη μέτρηση θερμοκρασίας. Γι' αυτό πρέπει να έχετε όσο το δυνατόν λιγότερες λειτουργίες μέτρησης ενεργές στην εικόνα.

Ένα άλλο πράγμα που παραφορτώνει την οθόνη σας είναι τα μενού. Κρατήστε ελάχιστα εικονίδια μενού ενεργά εφόσον καταλαμβάνουν κανονικό χώρο εικόνας. Μπορείτε να επαναφέρεται τις πληροφορίες όποτε τις χρειάζεστε που συμβαίνει λιγότερο συχνά απ' ό,τι νομίζετε.

Παγώστε και/ή αποθηκεύστε την εικόνα προτού την αναλύσετε. Μια παγωμένη εικόνα προτιμάται για ανάλυση, εκτός αν κοιτάζετε ένα γεγονός που αλλάζει με το χρόνο και αυτή η αλλαγή είναι ακριβώς το αντικείμενο που θέλετε να αναλύσετε.

Αν εστιάσετε και παγώσετε γρήγορα την εικόνα, μπορείτε να αποφύγετε τον κίνδυνο ή τις άβολες περιπτώσεις. Μια ακίνητη εικόνα είναι ήρεμη και σταθερή και αναλύεται πιο εύκολα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε όλες τις λειτουργίες ανάλυσης στην κάμερα, χωρίς να ανησυχείτε αν τοποθετήσατε την κάμερα ακριβώς στο στόχο σας.

Η παγωμένη απεικόνιση είναι αυτή που θα εμφανιστεί στην αναφορά σας αργότερα, γι' αυτό πάρτε το χρόνο σας να τη μελετήσετε στην κατάσταση παγώματος, προτού την αποθηκεύσετε και αποφασίσετε ότι θέλετε να την κρατήσετε. Αν όχι, ξεπαγώστε την και πάρτε καινούρια.

Δουλεύοντας έτσι απαλλάσσετε από το άγχος της δουλειάς σε μεγάλο βαθμό.

Γενικός κανόνας: πλησιάστε όσο πιο κοντά στο στόχο σας μπορείτε κρατώντας όμως τα σημαντικά στοιχεία στην απεικόνιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

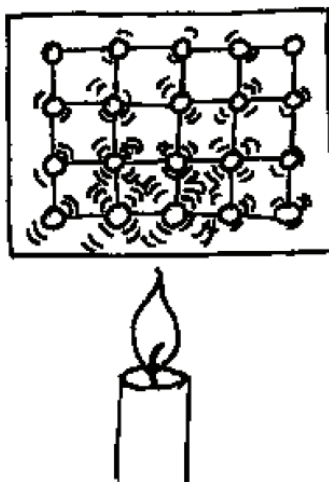
4.1 Έννοιες θερμοκρασίας, θερμότητας και μετάδοσης θερμότητας.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε κάποιους σημαντικούς ορισμούς. Η θερμοκρασία και η θερμότητα είναι συχνά παρεξηγημένες έννοιες και συχνά -λανθασμένα- τις χρησιμοποιούμε εναλλακτικά. Για να αποφύγετε τη σύγχυση στη συνέχεια του μαθήματος αλλά και στις καριέρες σας, σαν θερμογράφοι, θα προσπαθήσουμε να είμαστε όσο πιο ακριβείς και μη διφορούμενοι γίνεται στους ορισμούς μας.

- Επίγνωση της διαφοράς μεταξύ θερμοκρασίας και θερμότητας
- Κατανόηση της διαφοράς μεταξύ απόλυτων και σχετικών θερμοκρασιακών κλιμάκων
- Γνώση της μετατροπής θερμοκρασιών μεταξύ διαφορετικών κλιμάκων
- Κατανόηση της έννοιας της διατήρησης της ενέργειας
- Κατανόηση της έννοιας της κατεύθυνσης της ροής θερμότητας

4.2 Θερμότητα και θερμοκρασία

Για να μπορούμε να κατανοήσουμε τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, πρέπει να εξετάσουμε τα μόρια που είναι τα βασικά δομικά στοιχεία όλων των πραγμάτων. Η ουσία είναι ότι τα μόρια πάντα θα κινούνται λιγότερο ή περισσότερο.



Σχήμα 4.1 Όσο πιο ζεστά είναι τα μόρια τόσο πιο γρήγορα κινούνται!

Τα πιο ζεστά μόρια κινούνται πιο γρήγορα και τα ψυχρότερα κινούνται πιο αργά. Για μια δεδομένη ουσία, η ταχύτητα των μορίων ανταποκρίνεται μέχρι ένα επίπεδο θερμοκρασίας. Η ουσία θα περικλείει επίσης μια συγκεκριμένη ποσότητα θερμότητας. Ας ερευνήσουμε πώς σχετίζονται μεταξύ τους.

Θερμότητα: *Η ποσότητα της θερμότητας ενός αντικειμένου είναι το άθροισμα της κινητικής ενέργειας των μορίων που το αποτελούν.*

Η θερμότητα είναι ένα είδος ενέργειας

Υπάρχουν πολλές άλλες μορφές ενέργειας. Στις καθημερινές μας ζωές αντιμετωπίζουμε χημική ενέργεια στο φαγητό που τρώμε. Η ηλεκτρική ενέργεια δίνει δύναμη σε πολλές εφαρμογές και μηχανισμούς που χρησιμοποιούμε. Η θερμότητα δημιουργείται με τη μετατροπή άλλων μορφών ενέργειας, π.χ καύσιμα υπό συμπίεση ή από κίνηση και τριβή. Όταν καίμε ένα καδρόνι, θα υπάρξει χημική αντίδραση που περιλαμβάνει την εύφλεκτη ουσία του ξύλου και του οξυγόνου του αέρα. Αυτή η διαδικασία θα αποδώσει θερμότητα. Είναι γεγονός ότι οι περισσότερες διαδικασίες στη βιομηχανία και στην καθημερινή μας ζωή που περιλαμβάνουν μετατροπές ενέργειας καταλήγουν στην παραγωγή **θερμότητας**.

Ένα αντικείμενο μπορεί να εμπεριέχει θερμότητα ή θερμική ενέργεια.

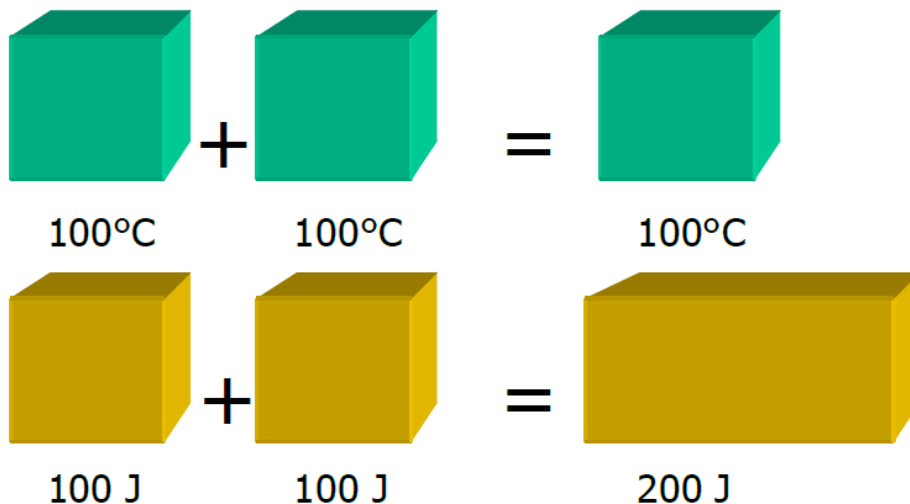
Η θερμότητα ή ενέργεια μετριέται σε μονάδες του Διεθνούς Συστήματος SI

- Τζάουλ (J)
- Βατ-δευτερόλεπτο (Ws) ή Κιλοβατώρα (kWh)
- Νιούτον-μέτρο (Nm)

4.3 Θερμοκρασία

Θερμοκρασία εναντίον θερμότητας

Οι έννοιες της θερμοκρασίας και της θερμότητας, είναι μερικές φορές δύσκολο να διαχωριστούν. Κάποιες φορές θεωρούμε ότι είναι το ίδιο πράγμα επειδή είναι τόσο στενά συνδεδεμένες. Αλλά υπάρχει μία ουσιαστική διαφορά, που θα την εικονογραφήσουμε εδώ.



Σχήμα 4.2 Η θερμοκρασία είναι σχετική αλλά η θερμότητα όχι!

Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία είναι η μέτρηση του μέσου όρου της ταχύτητας των μορίων και των ατόμων που συνθέτουν την ουσία.

Η θερμοκρασία περιγράφει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα αντικείμενο. Πρέπει να θεωρήσουμε τη θερμοκρασία σαν ένα επίπεδο μιας ζυγαριάς. Ας συγκρίνουμε δύο στοιβές μήλων χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία για να περιγράψουμε το ύψος των στοιβών και τη θερμότητα για τον αριθμό των μήλων ή του πάχους των στοιβών. Επειδή η στοιβή περιέχει πολλά μήλα δεν σημαίνει ότι χρειάζεται να είναι ψηλή.

Η θερμοκρασία δεν είναι μορφή ενέργειας. Εάν είναι, γιατί χρησιμοποιούμε διαφορετικές μονάδες? Η θερμοκρασία και η ενέργεια σχετίζονται, αλλά δεν είναι το ίδιο. Η θερμοκρασία ενός αντικειμένου ανεβαίνει (γενικά) και πέφτει όσο η θερμική ενέργεια στο αντικείμενο αυξάνεται και μειώνεται έτσι η θερμοκρασία είναι η συνέπεια της περισσότερης ή λιγότερης ενέργειας. Αλλά η θερμοκρασία δεν υποδηλώνει πόση ενέργεια αποθηκεύεται σε ένα αντικείμενο αλλά ποσό ψηλά είχε συσσωρευτεί!

Και όσο ψηλότερα συσσωρεύουμε κάτι τόσο πιθανότερο είναι να πέσει κάτω. Η θερμοκρασία του αντικειμένου μας δείχνει πόσο εύκολα θα δώσει θερμότητα σε άλλα αντικείμενα και αυτό δεν σχετίζεται με την ενέργεια που περιέχει. Ένα δοχείο με νερό που βράζει περιέχει λιγότερη ενέργεια από μία μπανιέρα με χλιαρό νερό, αλλά αν χύσουμε το νερό του δοχείου στη μπανιέρα αυτό θα μεταδώσει την ενέργειά του στη μπανιέρα!

Η θερμοκρασία μετριέται σε βαθμούς Κέλβιν (K) ή Κελσίου (C)

Όταν μιλάμε για θερμική ενέργεια, πρέπει να αναφέρουμε ότι όταν μια ουσία παγώνει ή λιώνει ενέργεια θα αποβληθεί ή θα προστεθεί στο αντικείμενο χωρίς αλλαγή της θερμοκρασίας. Αυτό ονομάζεται 'κρυφή θερμότητα', και είναι ένα θέμα για το Επίπεδο 2.

Μονάδες για τη μέτρηση θερμοκρασίας

Υπάρχουν πολλές μονάδες για τη θερμοκρασία. Θα χρησιμοποιούμε δύο από αυτές σε αυτό το εγχειρίδιο μια για απόλυτη και μία για σχετική κλίμακα.

Θερμοκρασία απόλυτου μηδέν

Πόσο κρύο μπορεί να κάνει? Υπάρχει όριο στο πόσο κρύο μπορεί να κάνει? Ναι υπάρχει! Ποια είναι η ψυχρότερη θερμοκρασία που μπορείτε να φανταστείτε? Το απόλυτο μηδέν!

Εάν αναλογιστούμε το γεγονός ότι η θερμοκρασία σχετίζεται με την κίνηση των μορίων, η λιγότερη μοριακή κίνηση που μπορούμε να φανταστούμε θα ήταν η απόλυτη ακινησία πχ καθόλου κίνηση. Όταν επιτύχουμε αυτή την απόλυτη ακινησία δεν μπορεί να υπάρξει καθόλου κίνηση δεν μπορεί να υπάρξει περισσότερη ακινησία, μπορεί? Έτσι λοιπόν η θερμοκρασία του απόλυτου μηδέν είναι το θεωρητικό σημείο όπου τα μόρια δεν κινούνται καθόλου. Λέμε θεωρητικό γιατί αυτή η θερμοκρασία δεν μπορεί να προκύψει φυσικά, ούτε στις πιο σκοτεινές γωνίες του διαστήματος, όπου έχουμε τις ψυχρότερες θερμοκρασίες του σύμπαντος μας (2.7 K)

Χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και πίεσης στα αέρια είναι γραμμική και κάνοντας εικασίες, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει ένα σημείο όπου τα μόρια θα έμεναν ακίνητα. Αυτό το σημείο μπορεί ακόμα και να υπολογισθεί παρόλο που δεν έχει επιτευχθεί.

4.4 Κλίμακες

Κλίμακες απόλυτης θερμοκρασίας

Το απόλυτο μηδέν είναι το λογικό σημείο εκκίνησης για κλίμακες απόλυτης θερμοκρασίας και έτσι ακριβώς ορίζονται, ξεκινώντας από το απόλυτο μηδέν.

Η κλίμακα Κέλβιν είναι το παγκόσμιο στάνταρ και η μονάδα είναι το Κέλβιν (Κ). Υπάρχουν και άλλες κλίμακες απόλυτης θερμοκρασίας αλλά εμείς θα χρησιμοποιούμε την Κέλβιν.

Κλίμακες σχετικής θερμοκρασίας

Μιλώντας αυστηρά, εάν φτιάξουμε μία μεζούρα μέτρησης συνήθως δεν θα έχει πολύ νόημα να βάλουμε το σημείο μηδέν κάπου εκτός των δύο άκρων της. Παρόλα αυτά κάνουμε ακριβώς αυτό στις κλίμακες απόλυτης θερμοκρασίας.

Σε μία κλίμακα σχετικής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένα διαφορετικό σημείο μηδέν από το απόλυτο μηδέν πχ στο σημείο τήξης του νερού ή αλατόνευρο. Το σημείο αναφοράς πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να μπορεί να επαναληφθεί και να αντιγραφεί μένοντας ανεπηρέαστο από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η ατμοσφαιρική πίεση ή το υψόμετρο. Οι λόγοι που επιλέγεται ένα συγκεκριμένο σημείο αναφοράς ίσως σχετίζονται με την επιστήμη στην οποία ο εφευρέτης είχε εμπλακεί.

Η πιο συνηθισμένη κλίμακα σχετικής θερμοκρασίας είναι η κλίμακα Κελσίου. Η μονάδα είναι οι βαθμοί Κελσίου (°C).

Σημειώνεται ότι στο αμερικάνικο και αγγλικό σύστημα μέτρησης η κοινή κλίμακα σχετικής θερμοκρασίας είναι οι βαθμοί Φαρενάιτ.

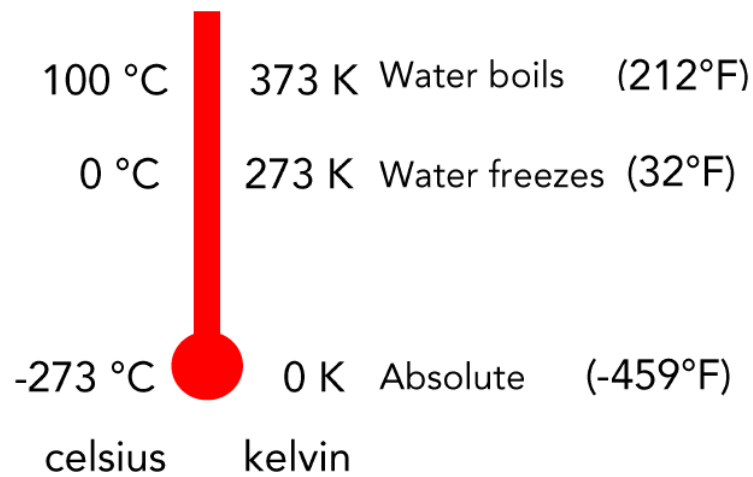
Οι κλίμακες σχετικής θερμοκρασίας υιοθετούνται για καθημερινή χρήση. Θα ήταν περίεργο να εκφράζουμε θερμοκρασίες δωματίου σε Κέλβιν και να λέμε διακόσια ενενήντα τρία αντί για είκοσι.

Σύγκριση κλιμάκων θερμοκρασίας

Οι κλίμακες Κελσίου και Κέλβιν έχουν διαφορετικά σημεία μηδέν, αλλά ίδιο μέγεθος αυξήσεων, πχ ένας βαθμός Κελσίου είναι ίδιος με ένα βαθμό Κέλβιν ($1\text{ }^{\circ}\text{C}=1\text{ }^{\circ}\text{K}$). (Σαν παρατήρηση, η κλίμακα Φαρενάιτ έχει διαφορετικές αυξήσεις από το Κέλβιν και Κελσίου).

Η μετατροπή θερμοκρασίας από Κέλβιν σε Κελσίου και το ανάποδο είναι πολύ απλή. Το μόνο που χρειάζεται είναι να προσθέσεις ή να αφαιρέσεις 273, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα και θα έχεις την θερμοκρασία στην αντίστοιχη κλίμακα.

Όπως μπορούμε να δούμε οι βαθμοί Κέλβιν και Κελσίου εύκολα μετατρέπονται μεταξύ τους αφού τα μεγέθη των κλιμάκων είναι ίσα. Η μετατροπή σε Φαρενάιτ είναι πιο περίπλοκη αφού αυτή η κλίμακα έχει διαφορετικά σημεία αναφοράς από την Κελσίου. Περεταίρω ανάπτυξη για τις διαφορετικές μονάδες θερμοκρασίας στο τμήμα αναφοράς μαζί με φόρμουλες μετατροπής και πίνακες.



Σχήμα 4.3 Μετατροπή θερμοκρασιών σε Κελσίου και Κέλβιν

4.5 Κανόνες στη θερμική επιστήμη

Η γνώση της θερμικής επιστήμης είναι σημαντική για την κατανόηση της μετάδοσης θερμότητας, που με τη σειρά της είναι απαραίτητη για έναν θερμογράφο. Η θερμική επιστήμη περιγράφει τη συμπεριφορά της θερμότητας και συγκεκριμένα κάποιους ρητούς κανόνες αυτής της συμπεριφοράς. Υπάρχουν πολλοί κανόνες που μπορούν να εκφραστούν με ακαδημαϊκούς όρους, αλλά θα τους απλοποιήσουμε και θα επικεντρωθούμε σε δύο από αυτούς. Τους ονομάζουμε 'Διατήρηση της ενέργειας', και 'Κατεύθυνση ροής θερμότητας'.

Διατήρηση της ενέργειας

Ο πρώτος κανόνας της θερμικής επιστήμης λέει το εξής: «*Το άθροισμα της συνολικής ενέργειας που περιέχεται σε ένα κλειστό σύστημα είναι σταθερό*»

Αυτό κάποιες φορές λέγεται η αρχή της ενέργειας που είναι ένας άλλος τρόπος έκφρασης του ίδιου πράγματος. Η ενέργεια δε μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί, παρά μόνο να μετατραπεί από μια μορφή σε μια άλλη.

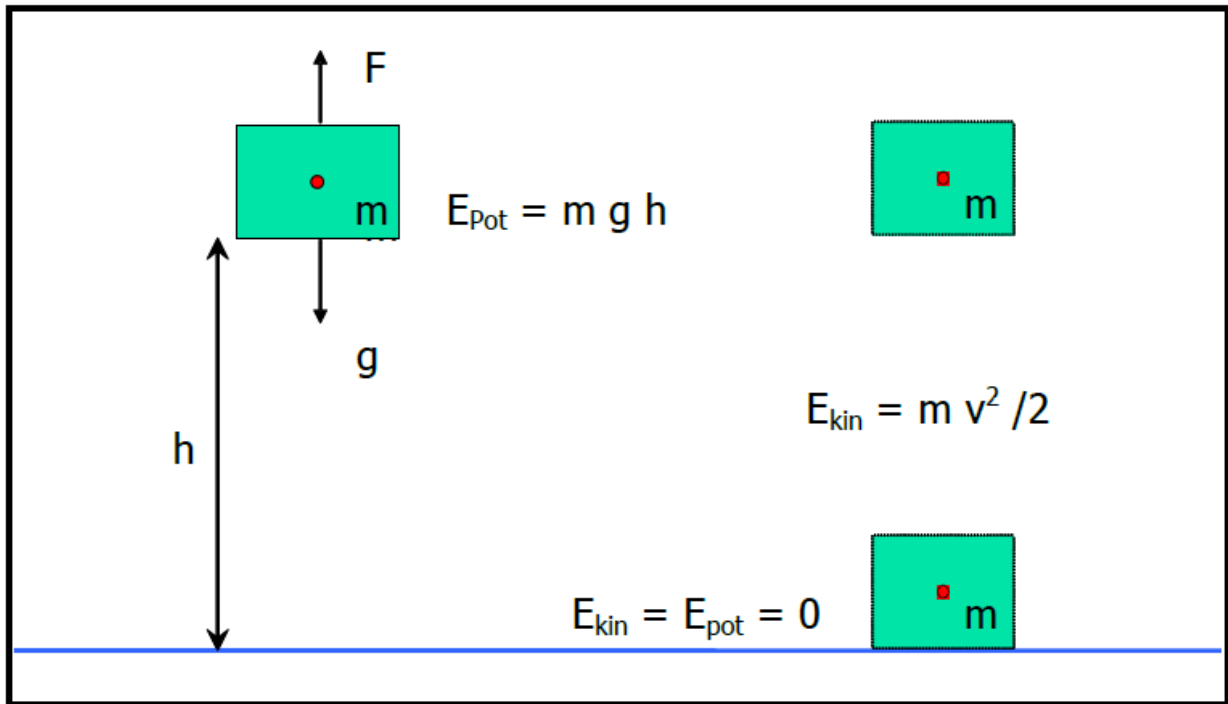
Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει αυτό που λέμε κλειστό σύστημα. Αν έχουμε υπόψιν την αρχή διατήρησης της ενέργειας, θα καταλάβουμε πιο εύκολα τα συστήματα που δεν είναι κλειστά. Αν η ενέργεια δε μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί, τότε όλη η ενέργεια που διοχετεύεται σε ένα σύστημα πρέπει να μπορεί να υπολογιστεί με κάποιο τρόπο.

Η ενέργεια σε ένα ' κλειστό σύστημα'

Για να εικονογραφήσουμε τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής μπορούμε να κάνουμε το ακόλουθο πείραμα:

Γνωρίζουμε από τη μηχανική ότι η ενέργεια ισούται με τη μάζα επί τη βαρύτητα επί το ύψος. Αν θέσουμε τη γραμμή στον πάτο ως σημείο μηδέν στο σύστημά μας μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανή ενέργεια χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο. Το αντικείμενο μένει στη θέση του από μια δύναμη που είναι ίση με τη

βαρύτητα και ονομάζεται F στο σχήμα. Όταν ρίχνουμε το αντικείμενο, η δύναμη F εξαφανίζεται, η ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια π.χ ενέργεια κίνησης (που υπολογίζεται ως μάζα επί ταχύτητα στο τετράγωνο δια δύο. Ακριβώς προτού το αντικείμενο μας φτάσει στο σημείο μηδέν, όλη η δυνατή ενέργεια έχει μετατραπεί σε κινητική. Και μετά τι?



Σχήμα 4.4 Διατήρηση της ενέργειας

Ξέρουμε ότι το αντικείμενο θα σταματήσει απότομα, οπότε η κινητική ενέργεια πρέπει να μετατραπεί σε κάτι άλλο. Σε αυτή την περίπτωση θα μετατραπεί σε θερμότητα και ήχο. Και τελικά ο ήχος θα μετατραπεί επίσης σε θερμότητα. Και η ουσία είναι ότι καθόλου ενέργεια δε χάνεται ή εξαφανίζεται.

Κατεύθυνση της ροής θερμότητας

Ο δεύτερος κανόνας θερμικής επιστήμης που θα μάθουμε λέει το εξής:

Η θερμότητα αυτόματα θα ρέει από τα θερμά στα ψυχρά, έτσι μεταφέρεται θερμότητα από ένα σώμα ή ένα μέρος, σε ένα άλλο.

Παρατηρείστε ότι ο κανόνας λέει θα ρέει. Δεν υπάρχει άλλη επιλογή. Αν έχουμε διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σημείων, θα υπάρχει επίσης ροή θερμότητας.

Η διαφορά θερμοκρασίας είναι η δύναμη που οδηγεί τη ροή θερμότητας. Θυμάστε τι είπαμε προηγουμένως? Η θερμοκρασία μας λέει πόσο εύκολα ένα αντικείμενο θα αποδώσει θερμότητα. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, τόσο πιο πρόθυμο είναι να αποδώσει θερμότητα.

Μπορούμε επίσης να αντικρούσουμε «αυτό που όλοι ξέρουν», ότι η θερμότητα αυξάνεται. Η θερμότητα δεν αυξάνεται! Πάει από τα θερμά στα ψυχρά. Το γιατί νομίζουμε ότι η θερμότητα αυξάνεται είναι ένα θέμα για αργότερα στο μάθημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε στη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ δύο σημείων και στην επικείμενη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των δυο σημείων. Η θερμότητα δεν είναι κάτι που παραμένει εκεί που την αφήνεις! Είναι αδύνατο να κλειδωθεί σε ένα μέρος. Θα ρέει σύμφωνα με τους δικούς της κανόνες συμπεριφοράς. Τώρα είναι η ώρα να δούμε πώς η θερμότητα μεταφέρεται και ποιοι είναι αυτοί οι κανόνες συμπεριφοράς.

Οι ενότητες του παρόντος κεφαλαίου είναι οι ακόλουθες:

- Κατανόηση μεταφοράς θερμότητας
- Αγωγιμότητα/μεταβίβαση
- Κατανόηση των τεσσάρων παραγόντων που επηρεάζουν την αγωγιμότητα και πως το κάνουν αυτό
- Μεταγωγή
- Φυσική εναντίον εξαναγκαστικής μεταγωγής
- Ακτινοβολία, κατανόηση των εννοιών
- Εκπομπή
- Απορρόφηση
- Κατανόηση της διαφοράς μεταξύ σταθερής και παροδικής μετάδοσης θερμότητας
- Κατανόηση πώς η θερμική χωρητικότητα επηρεάζει την παροδική ροή θερμότητας
- Κατανόηση πώς η εξάτμιση και η συμπύκνωση επηρεάζουν την επιφανειακή θερμοκρασία ενός αντικειμένου-στόχου.

5.1 Μορφές μεταφοράς θερμότητας

Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και θα τους δούμε έναν προς έναν.

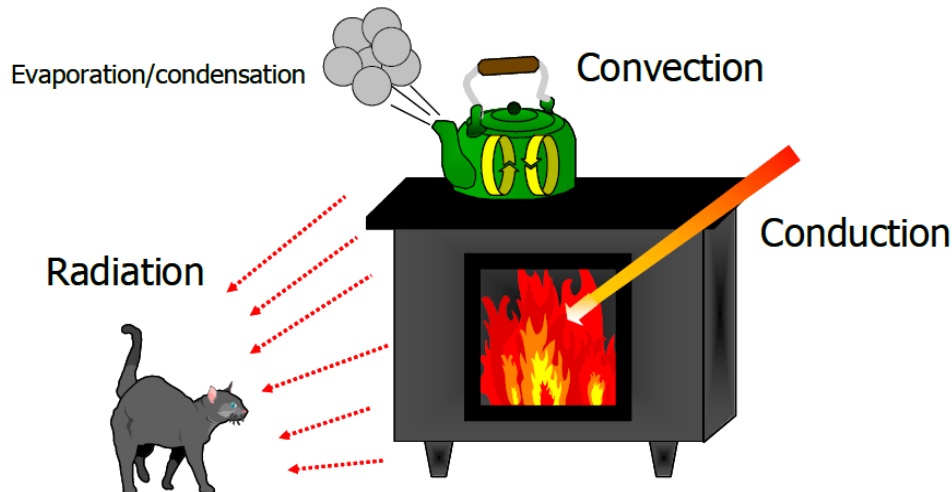
- Αγωγιμότητα
- Συναγωγή
- Εξάτμιση και συμπύκνωση
- Ακτινοβολία

Η εξάτμιση και η συμπύκνωση είναι μέρος ενός μεγαλύτερου θέματος, λέγεται λανθάνουσα θερμότητα, και δε θα την καλύψουμε εδώ. Για τους σκοπούς μας σε αυτό το επίπεδο θα συζητήσουμε την εξάτμιση και την συμπύκνωση ξεχωριστά από τη λανθάνουσα θερμότητα, επειδή οι συνέπειές τους είναι σημαντικές για να ληφθούν υπόψη σε κάποιες κοινές θερμογραφικές εφαρμογές.

5.2 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα ή μεταβίβαση θερμότητας είναι η άμεση μεταφορά θερμικής ενέργειας από μόριο σε μόριο που προκαλείται από συγκρούσεις μεταξύ των μορίων.

Η θερμότητα και η θερμοκρασία σχετίζονται με την κίνηση των μορίων. Όταν δύο μόρια βρίσκονται αρκετά κοντά ώστε να μπορούν να ακουμπήσουν το ένα το άλλο, αυτό με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία θα έχει πιο ισχυρή μοριακή κίνηση. Θα μεταφέρει συνεπώς κάποια από την ενέργεια του στο πιο αργό μόριο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε μία αλυσιδωτή αντίδραση μεταξύ των μορίων. Εάν για παράδειγμα, θερμάνουμε μία μεταλλική ράβδο σε μία άκρη της, η ενέργεια θα μεταφερθεί από μόριο σε μόριο, από τη θερμότερη στη ψυχρότερη άκρη.



Σχήμα 5.1 Μορφές μεταφοράς θερμότητας

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι τα μόρια, που είναι πολύ μικρά, πρέπει στην ουσία να ακουμπάνε το ένα με το άλλο για να προκύψει αγωγιμότητα. Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιείτε ένα τηγάνι σε μία πλάκα ψησίματος, και ο πάτος του δεν είναι απόλυτα επίπεδος, το τηγάνι και η πλάκα δεν θα έχουν καλή επαφή. Ο αέρας μεταξύ τους θα μεταφέρει τη θερμότητα αλλά λιγότερο αποτελεσματικά από ότι αν ακουμπούσαν μεταξύ τους.

Η μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα θα συμβεί σε οποιαδήποτε κατάσταση όπου μόρια με διαφορετικές θερμοκρασίες μπορούν να ακουμπήσουν μεταξύ τους. Μπορεί να συμβεί μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων που έρχονται σε επαφή αλλά και μέσα σε αντικείμενα. Δεν παίζει ρόλο σε τι κατάσταση βρίσκονται. Η αγωγιμότητα συμβαίνει σε στερεά, ρευστά και αέρια.

Και με μερικές εξαιρέσεις, είναι η μοναδική μεταφορά θερμότητας που παρατηρείται στα στερεά! (Κάποια στερεά είναι ικανά να μεταδίδουν ακτινοβολία αλλά αυτά τα υλικά δεν είναι συνηθισμένα και ποια είναι πάρα πολύ ακριβά).

Το γεγονός ότι περιμένουμε από τα στερεά να μεταφέρουν θερμότητα μόνο με αγωγιμότητα, κάνει την κατανόησή της πολύ σημαντική για εμάς τους θερμογράφους.

Αγώγιμος ρυθμός μεταφοράς θερμότητας

Για να καταλάβουμε τον αγώγιμο ρυθμό μεταφοράς θερμότητας, δηλαδή πόση θερμότητα θα ρέει σε συγκεκριμένες συνθήκες, πρέπει να ξέρουμε ποιοι παράγοντες περιλαμβάνονται και πως περιλαμβάνονται. Η προφορική του έκφραση μοιάζει με αυτό:

Ο ρυθμός ροής θερμότητας υπό σταθερές συνθήκες είναι ανάλογος με τη θερμική μεταγωγή του αντικειμένου, με την εγκάρσια τομή-περιοχή του αντικειμένου που ρέει η θερμότητα και με την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο άκρων του αντικειμένου. Είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μήκος ή πάχος του αντικειμένου.

Σχέση αγωγίμης μεταφοράς θερμότητας

Εάν εκφράσουμε το ίδιο πράγμα με τύπο είναι κάπως έτσι:

$$Q/t = \frac{kA(T_1 - T_2)}{L} \quad (5.1)$$

Το αποτέλεσμα του υπολογισμού χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο είναι Q/t . Οι μονάδες του είναι J/s, και είναι μέτρηση ροής θερμότητας ή μονάδων ενέργειας προς χρόνο. Στην φυσική, η ενέργεια συμβολίζεται με Q. Αυτός ο τύπος έχει ισχύ συνθήκες σταθερής κατάστασης, το τι σημαίνει σταθερή κατάσταση θα εξηγήσουμε αργότερα στο κεφάλαιο. J/s είναι το ίδιο με το W(watt).

Τέσσερις παράγοντες περιλαμβάνονται στην αγωγή μεταφοράς θερμότητας, οι εξής,

- Αγωγιμότητα του υλικού, k (W/m*K)
- Εγκάρσια περιοχή, A (m²)
- Διαφορά θερμοκρασίας, $T_1 - T_2$ (K)
- Μήκος αγωγίμης διαδρομής, L (m)

Ισχύς και ενέργεια

Ο τύπος της αγωγιμότητας μας δίνει την ισχύ θερμότητας, ή το ρυθμό ροής θερμότητας, μεταξύ δύο σημείων ή επιφανειών που έχουν διάφορα θερμοκρασίας. Για να πάρουμε ενέργεια ή έργο πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την ισχύ με το χρόνο. Η μονάδα είναι το J (τζάουλ) που είναι το ίδιο με το βάττ δευτερόλεπτο (Ws). 1 Joule=1 Watt-second

Για να συνεχίσει η ροή θερμότητας στον ίδιο ρυθμό, πρέπει να προσδίδεται συνεχώς ενέργεια. Εάν όχι η διαφορά θερμοκρασίας θα αρχίσει να μειώνεται

Θερμική Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα k , είναι μια υλικά εξαρτώμενη ιδιότητα. Μονάδα της είναι το βάττ προς μέτρο επί Κέλβιν (W/m*K). Διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετική ικανότητα να άγουν θερμότητα. Όσο υψηλότερη η αγωγιμότητα ενός υλικού, τόσο υψηλότερη είναι και η ικανότητά τους να άγουν ενέργεια. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ο όρος 'θερμική αντίσταση'. Είναι το αντίστροφο της αγωγιμότητας ή $1/k$. Ένα καλό μονωτικό υλικό θα έχει χαμηλή αγωγιμότητα και αντιστρόφως υψηλή θερμική αντίσταση.

Υλικό	Αγωγιμότητα (W/m*K)
Χαλκός	401
Αλουμίνιο	237
Χάλυβας	52
Καθαρός πάγος	2.04
Τούβλο	1
Τζάμι (παραθύρου)	0.9
Νερό	0.6
Ξύλο	0.14
Γαλοβάμβακας	0.04
Αέρας	0.025
Αργό	0.018
Ξένο	0.0051

Καλύτερος
Αγωγός

Σχήμα 5.2 Τιμές αγωγιμότητας υλικών. (Από διάφορες πηγές για παράδειγμα). Οι τιμές μπορεί να διαφέρουν αναλόγως τη θερμοκρασία και των παραγόντων.

Όπως βλέπουμε η αγωγιμότητα διαφέρει αρκετά μεταξύ των υλικών. Η διαφορά του χαλκού με το ξένο είναι σχεδόν 80.000 φορές!

Παρόλο που όλα τα μέταλλα έχουν υψηλή αγωγιμότητα αυτή διαφέρει μεταξύ τους. Ο χαλκός είναι 8 φορές καλύτερος αγωγός από τον χάλυβα για παράδειγμα.

Το νερό έχει χαμηλή αγωγιμότητα, παρόλο που φαίνεται περίεργο, επειδή έχουμε το νερό στο μυαλό μας σαν κάτι που μπορεί να μας δροσίσει. Όπως θα δούμε αργότερα συμμετέχουν και άλλοι παράγοντες.

Τα αέρια έχουν χαμηλές τιμές αγωγιμότητας. Αλλά τα αέρια είναι ειδική περίπτωση, επειδή η αγωγιμότητα διαφοροποιείται ανάλογα με την πίεση και την καθαρότητα. Αυτό καθιστά δύσκολη την εύρεση συγκρίσιμων τιμών για τα αέρια.

Παραδείγματα αγωγιμότητας

Ας δούμε τους τέσσερις παράγοντες που εμπλέκονται στην αγωγιμότητα μεταφοράς θερμότητας και πώς επηρεάζουν το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας, Q/t .

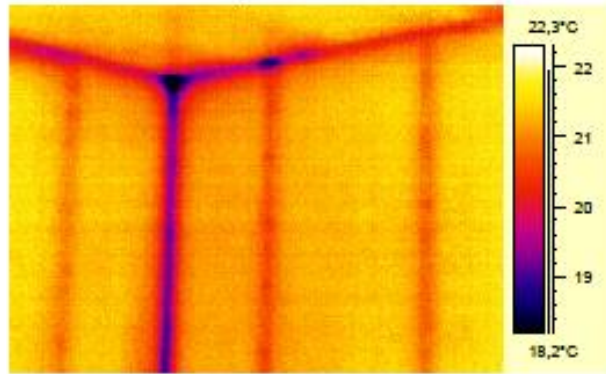
Παράδειγμα 1: Αγωγιμότητα

Το θερμογράφημα στο Σχήμα 5.3 δείχνει το μονωμένο εξωτερικό τοίχο ενός κτιρίου, όταν το κοιτάμε μέσα από το κτίριο. Το κτίριο βρίσκεται σε κρύο κλίμα και θερμαίνεται εσωτερικά. Οι τοίχοι έχουν ομοιόμορφο πάχος, που σημαίνει ότι η απόσταση/πάχος (d) στον τύπο της αγωγιμότητας είναι ίση για όλη την επιφάνεια που βλέπουμε (εκτός των γωνιών). Το ίδιο ισχύει για τη διαφορά θερμοκρασίας (T_1-T_2), αν επιλέξουμε να δούμε ένα παρόμοιο μέγεθος επιφάνειας της περιοχής αυτός ο παράγοντας (ο A στον τύπο) θα είναι επίσης ίσος.

Κάνοντας χρήση των τιμών του πίνακα του Σχήματος 5.2 βρίσκουμε ότι:

- Το μονωτικό υλικό έχει $k = 0.04 \text{ W/mK}$
- Το ξύλινο υλικό έχει $k = 0.14 \text{ W/mK}$

Αυτό εξηγεί το σχέδιο που παρατηρούμε. Το ξύλινο κομμάτι άγει ενέργεια σε υψηλότερο ρυθμό από το μονωτικό υλικό και γι' αυτό είναι και πιο κρύο στο εσωτερικό.



Σχήμα 5.3 Τοίχος με διαφορετική αγωγιμότητα μεταξύ μονωτικού και υποστηρικτικού οικοδομήματος

Οι γωνίες είναι επίσης κρύες, και παρόλο που παίζουν ρόλο οι διαφορετικές αγωγιμότητες και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν. Η γωνία θα έχει μεγαλύτερο θερμικό αποτέλεσμα στο εξωτερικό, και ο εσωτερικός αέρας θα κυκλοφορήσει λιγότερο στις γωνίες και δεν θα ζεστάνει τόσο πολύ την επιφάνεια.

Παράδειγμα 2: Περιοχή τοίχου

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο θερμαινόμενα σπίτια σε κρύο κλίμα το χειμώνα. Η εξωτερική θερμοκρασία είναι $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ($263 \text{ }^\circ\text{K}$), και τα δύο σπίτια έχουν μια άνετη θερμοκρασία της τάξεως των $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ($293 \text{ }^\circ\text{K}$). Και τα δύο σπίτια έχουν το ίδιο πάχος τοίχου (0.2 m) και υλικό ($k=0.05 \text{ W/m}^\circ\text{K}$). Η διαφορά έγκειται στο μέγεθος. Το μικρότερο σπίτι έχει επιφάνεια τοίχου 120 m^2 και το μεγάλο σπίτι 480 m^2 .



	Μικρό σπίτι	Μεγάλο σπίτι
Διαφορά θερμοκρασίας (T)	$293 \text{ K} - 263 \text{ K} = 30 \text{ K}$	$293 \text{ K} - 263 \text{ K} = 30 \text{ K}$
Πάχος τοιχώματος (αγωγή μήκος διαδρομής L)	0.2 m	0.2 m
Αγωγιμότητα, k	0.05 W/mK	0.05 W/mK
Επιφάνεια τοίχου, A	120 m^2	480 m^2
Υπολογισμός: $P = k \cdot A \cdot (\Delta T)$	$0.05 \cdot 120 \cdot 30 / 0.2$	$0.05 \cdot 480 \cdot 30 / 0.2$
Απώλεια θερμότητας, P	900 W ή 0.9 kW	3600 W ή 3.6 kW

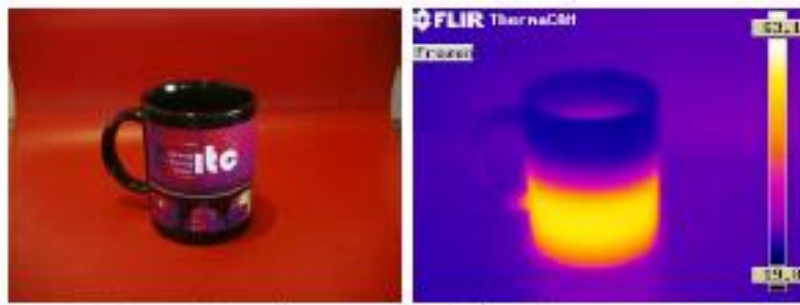
Σχήμα 5.4 Μικρό σπίτι και μεγάλο σπίτι με διαφορετική επιφάνεια τοίχου.

Η απώλεια θερμότητας μέσα από τους τοίχους του μεγάλου σπιτιού, χωρίς να μας κάνει έκπληξη, είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη. Συνεπώς χρειάζεται τέσσερις φορές μεγαλύτερη θερμαντική ισχύ. Φυσικά αυτό είναι μόνο η απώλεια της αγωγιμότητας από τους τοίχους. Σε αυτήν πρέπει να προσθέσουμε τις απώλειες από την σκεπή και προς το έδαφος. Εάν τα κτίρια έχουν απώλειες αέρα, αυτές επίσης συμβάλλουν στις γενικότερες απώλειες. Μία ακόμη απώλεια είναι ο εξαερισμός που χρειάζεται για να είναι η εσωτερική ατμόσφαιρα άνετη. Εάν συγκεντρώναμε όλες αυτές τις απώλειες (αγνοώντας τις απώλειες συναγωγής και ακτινοβολίας σε αυτό το μάθημα), και τις πολλαπλασιάσαμε με το χρόνο και τις απώλειες ενέργειας, θα βρίσκαμε το ολικό κόστος θέρμανσης των σπιτιών. Ο υπολογισμός της απώλειας θερμότητας, συμπεριλαμβανομένων όλων των απωλειών, σχετίζεται και με το σχεδιασμό του συστήματος θέρμανσης για να σιγουρευτεί ότι υπάρχει αρκετή ισχύς να θερμάνει το σπίτι στις χαμηλότερες θερμοκρασίες που μπορεί να προκύψουν. Εάν θέλουμε να ψύξουμε το σπίτι, ο υπολογισμός είναι παρόμοιος, μόνο που η θερμοκρασιακή διαφορά θα είναι 'ανάποδη' δηλαδή κατεύθυνση της ροής θερμότητας θα είναι αντίθετη.

Παράδειγμα 3: Θερμοκρασιακή διαφορά.

Ο καφές μέσα στην κούπα είναι πιο ζεστός από τον αέρα ακριβώς πάνω από τον καφέ. Η θερμότητα άγεται μέσω των τοιχωμάτων της κούπας με μεγαλύτερο ρυθμό όπου υπάρχει ζεστός καφές. Για την ακρίβεια πάνω απ' τον καφέ η θερμοκρασία είναι σχεδόν η ίδια με αυτήν που υπάρχει στο υπόλοιπο δωμάτιο, έτσι δεν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά, και γι' αυτό δεν λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας. Εκτός της θερμοκρασιακής διαφοράς εντός και εκτός κούπας όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι οι ίδιοι (αγωγιμότητα, περιοχή, πλάτος).

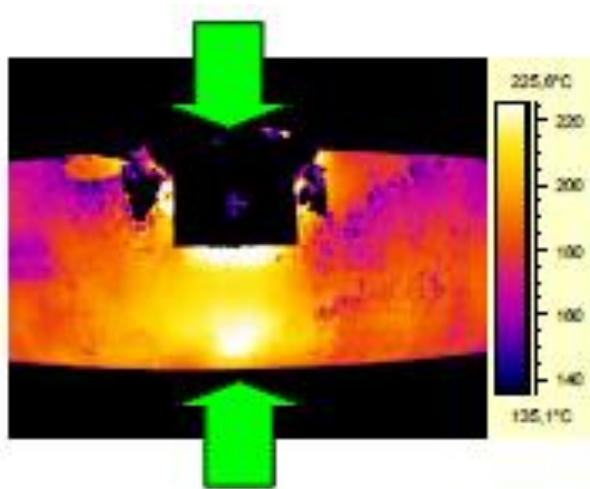
Μπορούμε να δούμε τη στάθμη του καφέ στην κούπα-από το πλάι, λόγω της διαφοράς στο ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας



Σχήμα 5.6 Κούπα με ζεστό καφέ, σε ορατό και σε υπέρυθρο.

Παράδειγμα 4: Μήκος διαδρομής αγωγιμότητας

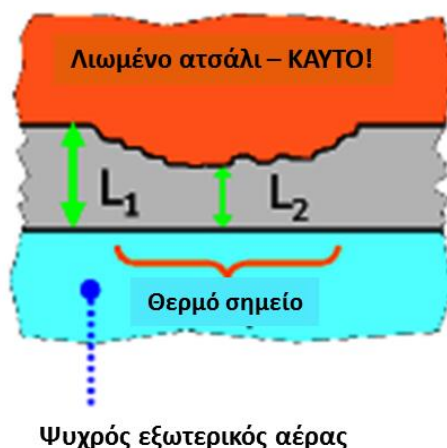
Το θερμοδιάγραμμα δείχνει ένα όπως λέμε 'τορπιλοσκάφος'. Αυτό είναι ένα σκάφος/σκεύος σε σχήμα τσιγγάρου ή τορπίλης με πυρίμαχη (υψηλής θερμοκρασίας αντίσταση) μόνωση στο εσωτερικό του. Κινείται σε ράγες, όπως τα τραίνα. Χρησιμοποιείται για την μεταφορά λιωμένου χάλυβα σε εργοστάσια χάλυβα, από τη μία διαδικασία προς την άλλη. Το εργοστάσιο έχει πολλά 'τορπιλοσκάφη' γι' αυτό το σκοπό και οποιαδήποτε στιγμή επισκευάζονται επειδή η πυρίμαχη μόνωση φθείρεται. Για λόγους ασφαλείας είναι σημαντικό το σκάφος να επισκευάζεται εγκαίρως, προτού καεί η ατσάλινη στρώση. Για οικονομικούς λόγους η επισκευή πρέπει να γίνεται μόνο όταν είναι απαραίτητη.



Σχήμα 5.7 Τορπιλοσκάφος με φθαρμένη πυρίμαχη μόνωση

Το σκάφος φορτώνεται από την υψικάμινο από το πάνω βέλος. Όταν ο λιωμένος χάλυβας χτυπάει στον πάτο του σκάφους, προκαλεί μεγαλύτερη φθορά στο σημείο που προσκρούεται στο κάτω βέλος. Η λέπτυνση του πυρίμαχου προκαλεί την πιο ζεστή περιοχή που βλέπουμε στον πάτο.

Σε σκίτσο μπορεί να φανεί κάπως έτσι:



Σχήμα 5.8 Εγκάρσια τομή τορπιλοσκάφους με φθαρμένη πυρίμαχη στρώση

Η περιοχή που το πυρίμαχο έχει φθορά, παρουσιάζει μικρότερη αγωγή διαδρομή. ($L_2 < L_1$), που σημαίνει ότι η ισχύς θερμότητας είναι μεγαλύτερη και επομένως ένα ζεστό σημείο θα εμφανιστεί σε αυτήν την τοποθεσία. Μικρότερο L σημαίνει υψηλότερο T .

Μόνιμη και μη μόνιμη μεταφορά θερμότητας

Η μόνιμη κατάσταση και οι μη μόνιμες συνθήκες αντιπροσωπεύουν δύο τύπους περιπτώσεων μεταφοράς θερμότητας. Μία μόνιμη συνθήκη χωρίς αλλαγές στην θερμοκρασία και με σταθερή ροή θερμότητας ονομάζεται 'μόνιμη κατάσταση'. Αυτό σημαίνει ότι η θερμαντική ισχύ και η ψυκτική είναι το ίδιο -ότι εισέλθει το ίδιο θα εξέλθει, το A και B είναι το ίδιο, και το ίδιο ισχύει για το ΔT . Παρατηρείστε ότι λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας. Μία συνθήκη με ίσες θερμοκρασίες ($\Delta T=0$) ονομάζεται θερμική

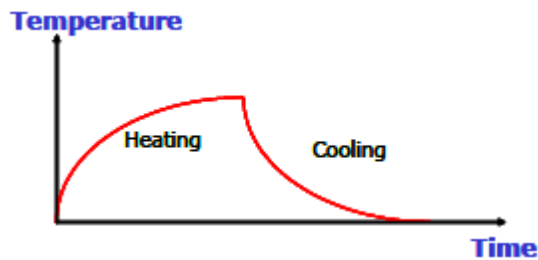
ισορροπία και δεν θα συμβεί καθόλου μεταφορά θερμότητας, αλλά αυτό δεν πρέπει να μπερδεύεται με αυτό που ονομάζουμε μόνιμη κατάσταση.



Σχήμα 5.9 Σε μόνιμη κατάσταση ότι μπαίνει μέσα ισούται με ότι βγαίνει έξω.-η ισχύς θέρμανσης ισούται με την ισχύ ψύξης

Μια μη μόνιμη συνθήκη είναι εκείνη στην οποία συμβαίνουν αλλαγές στη θερμοκρασία και στο ρυθμό ροής θερμότητας. Εάν η θερμαντική ισχύ είναι μεγαλύτερη από την ισχύ ψύξης το αντικείμενο θα θερμανθεί-η θερμοκρασία θα αυξηθεί. Εάν η ισχύς θερμότητας εξαφανιστεί το αντικείμενο θα αρχίσει να ψύχεται μέχρι την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

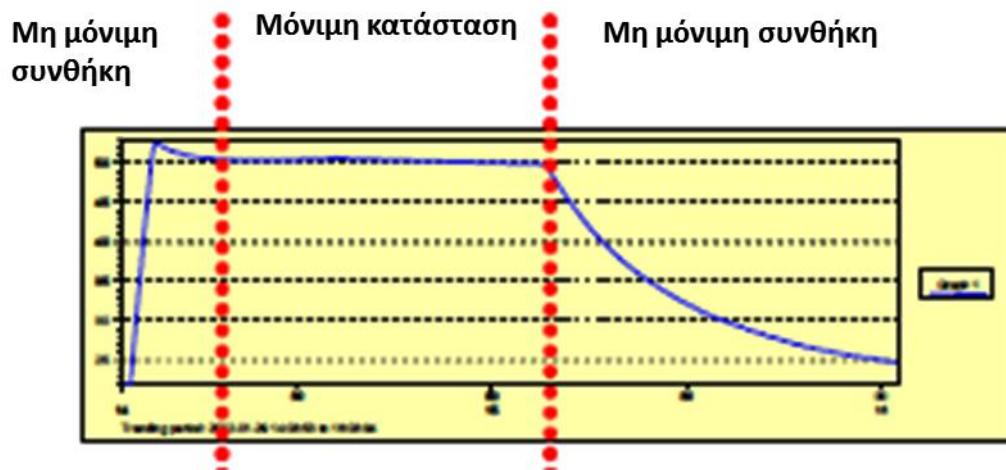
Μη μόνιμη κατάσταση



Σχήμα 5.10 Σε μία παροδική συνθήκη, η θερμοκρασία μεταβάλλεται με το χρόνο.

Στην πραγματικότητα η μόνιμη κατάσταση είναι σπάνια περίπτωση. Πάρτε για παράδειγμα ένα σπίτι. Τη νύχτα ο ήλιος θα δύσει και η θερμική του ισχύ θα εξαφανιστεί. Εάν το σπίτι θερμαίνεται το σύστημα θέρμανσης πρέπει να προσφέρει θερμότητα με μεγαλύτερο ρυθμό. Εάν το σπίτι έχει κλιματισμό θα πρέπει να προσφέρει λιγότερη ισχύ ψύξης. Εάν εισέλθουν άνθρωποι σε ένα δωμάτιο η θερμοκρασία του σώματος τους θα αλλάξει τις συνθήκες κοκ.

Η δική μας σχέση αγωγιμότητας ισχύει μόνο για μόνιμη κατάσταση. Ευτυχώς, δεν είναι άχρηστη, παρότι η σταθερή κατάσταση είναι σπάνια. Μπορούμε συνήθως να κάνουμε εικασίες ότι σε ένα δεδομένο χρονικό σημείο ή στο μέσο όρο, με την πάροδο του χρόνου έχουμε σταθερή κατάσταση. Αλλά χρειάζεται να έχουμε τα παραπάνω υπ' όψη, ώστε οι προσεγγίσεις μας να είναι λογικές.



Σχήμα 5.11 Χρονική σχεδίαση θερμοκρασιακών αλλαγών που ελέγχονται με θερμοστάτη

Στο Σχήμα 5.11, μια συσκευή με θερμοστάτη είναι αναμμένη και θερμαίνει μέχρι εκεί που ο θερμοστάτης αρχίζει να ελέγχει την εισαγωγή ισχύος. Έπειτα ο θερμοστάτης προσπαθεί να κρατήσει τη θερμοκρασία σταθερή και το καταφέρνει αρκετά καλά μεταξύ των δύο κάθετων διακεκομμένων γραμμών μέχρι που η συσκευή κλείνει και ψύχεται πάλι.

Θερμική χωρητικότητα

Ο όρος θερμική χωρητικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει θερμική ενέργεια. Η μονάδα της είναι $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$. Αν το διαβάσουμε είναι κιλό τζάουλ ανά χιλιογραμμόμετρο και κέλβιν. Είναι η ποσότητα θερμικής ενέργειας που χρειάζεται ένα κιλό μίας ουσίας για να αυξήσει τη θερμοκρασία του κατά ένα κέλβιν.

Η θερμική χωρητικότητα είναι και ένα μέτρο αδράνειας του υλικού πχ πόσο γρήγορα θα αντιδράσει το υλικό σε θερμοκρασιακές αλλαγές.

Τιμές θερμικής χωρητικότητας

Εάν δούμε τα πρώτα τρία μέταλλα μπορούμε να κάνουμε μερικές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις. Ο χαλκός έχει την υψηλότερη αγωγιμότητα από τα τρία, αλλά την μικρότερη χωρητικότητα. Το αλουμίνιο είναι στο μέσο της αγωγιμότητας, αλλά στην κορυφή της χωρητικότητας-διπλάσια σε σχέση με το χαλκό.

Το νερό έχει πολύ μεγάλη χωρητικότητα. Είναι ένας εξαιρετικός αγωγός αποθήκευσης για την θερμότητα. Οι ωκεανοί μας είναι τεράστιοι νεροχύτες θερμότητας, και είναι υπεύθυνοι για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας της Γης, κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και όλου του χρόνου. Τοποθεσίες κοντά σε ωκεανούς έχουν πιο σταθερό κλίμα από ότι αυτές που είναι στα ενδότερα της στεριάς. Στο Νοβοσιμπίρσκ στο κέντρο της Σιβηρίας ο μέσος όρος θερμοκρασίας κυμαίνεται από $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ το καλοκαίρι έως $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ το χειμώνα. Αυτή είναι μια διαφορά θερμοκρασίας 88 K (Κέλβιν). Έχετε υπόψη ότι όταν αναφερόμαστε σε θερμοκρασιακές διαφορές ή « ΔT δέλτα Τ», σε αυτό το εγχειρίδιο, θα αξιοποιούμε το K Κέλβιν

Η τιμή της θερμικής χωρητικότητας του ξύλου μπορεί να ποικίλει αναλόγως τον τύπο του ξύλου, αλλά περισσότερο λόγω της περιεκτικότητας νερού στο ξύλο.

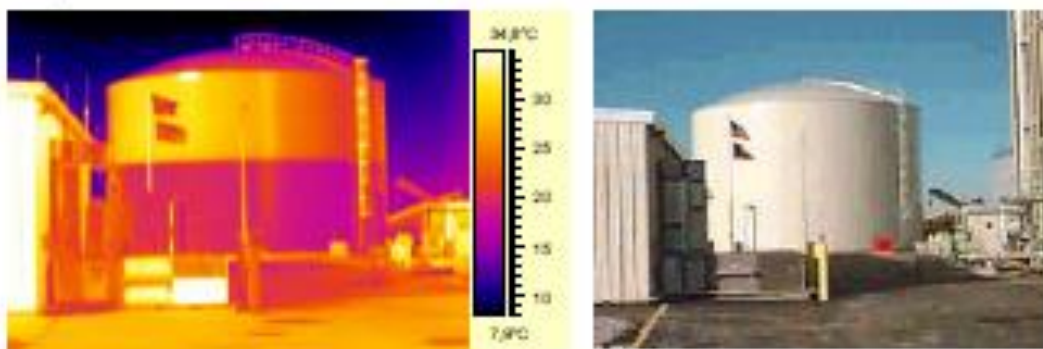
Υλικό	Αγωγιμότητα (W/m*K)	Χωρητικότητα (kj/kg*K)
Χαλκός	401	0,39
Αλουμίνιο	237	0,90
Χάλυβας	52	0,46
Πάγος	2.04	2
Τούβλο	1	0,75
Γυαλί	0,9	0,84
Νερό	0,6	4,18
Ξύλο	0,14	1,80-2,80
Υαλοβάμβακας	0,04	
Αέρας	0,025	
Αργό	0,018	
Ξένο	0,0051	

Σχήμα 5.12 Αγωγιμότητα και χωρητικότητα για επιλεγμένα υλικά. (Ενδεικτικά από διάφορες πηγές.)

Τα αέρια δεν περιλαμβάνονται εδώ. Έχουν μια θερμική χωρητικότητα που εξαρτάται από την πίεση, και γι' αυτό οι μονάδες είναι ελαφρώς διαφορετικές. Οι τιμές των αερίων δεν θα μπορούσαν να συγκριθούν με τις άλλες τιμές. Ο υαλοβάμβακας είναι ένας συνδυασμός γυαλιού και αερίου δεν συμπεριλαμβάνεται.

Θερμική χωρητικότητα και μη μόνιμες συνθήκες

Στη θερμογραφία, η θερμική χωρητικότητα συχνά συνδέεται με μη μόνιμες συνθήκες, επειδή κάποιες διαδεδομένες εφαρμογές βασίζονται σε αυτούς του φυσικούς μηχανισμούς. Καλά παραδείγματα είναι η ανίχνευση υγρασίας σε στέγες και η ένδειξη στάθμης δεξαμενών όταν αυτές είναι σε ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες.



Σχήμα 5.13 Ένδειξη επιπέδου δεξαμενής

Αυτή η δεξαμενή περιέχει αποσταγμένο νερό και δεν είναι ενεργά θερμαινόμενη ή ψυχόμενη. Από τις σκιές στη φωτογραφία, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο ήλιος λάμπει από τα αριστερά. Υπάρχει ακόμα και μια ανεπαίσθητη ηλιακή λάμψη επάνω και δεξιά από τις πλάκες, που είναι πιο ορατή στην υπέρυθρη εικόνα. Η εικόνες πάρθηκαν το απόγευμα και το νερό είναι ακόμα δροσερό από τη νύχτα.

Το νερό έχει πολύ υψηλή θερμική χωρητικότητα – δηλαδή θερμική αδράνεια. Ο ήλιος θερμαίνει εύκολα τη δεξαμενή όπου υπάρχει μόνο αέρας πίσω από την πλάκα της δεξαμενής αλλά το νερό αντιστέκεται σε αυτή την αλλαγή και έτσι μπορούμε να δούμε ξεκάθαρα τη στάθμη του νερού.

5.3 Συναγωγή

Η συναγωγή είναι ένας τρόπος μετάδοσης θερμότητας, όπου ένα ρευστό τίθεται σε κίνηση είτε από τη βαρύτητα είτε από κάποια άλλη δύναμη, με συνέπεια τη μεταφορά θερμότητας από ένα μέρος σε ένα άλλο.

Η συναγωγή είναι ένας τρόπος μετάδοσης θερμότητας που βασίζεται στη μαζική μεταφορά ενός ρευστού-υγρού ή αερίου. Η συναγωγή πραγματοποιείται μέσα στο ρευστό. Για να συμβεί μεταφορά θερμότητας μεταξύ ενός υγρού και ενός στερεού, ή μεταξύ υγρών που δεν αναμειγνύονται, ο τρόπος μετάδοσης είναι η μεταγωγή (ή η ακτινοβολία όπως μπορεί να προκύψει). Άμεσα δίπλα σε ένα στερεό πάντα υπάρχει ένα λεπτό στρώμα στατικού υγρού που λέγεται οριακό στρώμα όπου συμβαίνει η αγωγή μεταφορά θερμότητας στο υγρό.

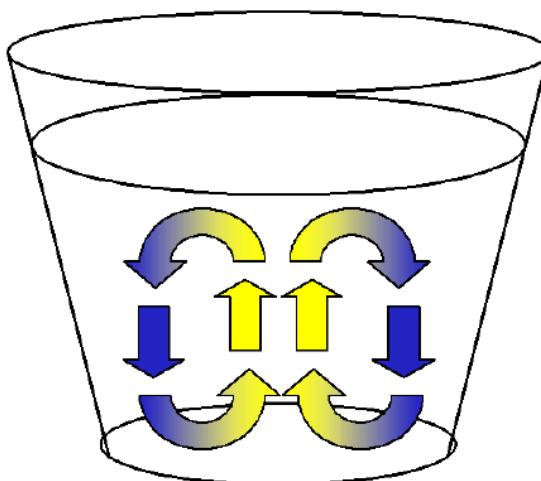
Η κατανόηση της μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή είναι σημαντική για ένα θερμογράφο γιατί παρόλο που εξετάζουμε στερεά, τα σχέδια που βλέπουμε πάνω στα στερεά θα είναι επηρεασμένα και από τη μεταγωγή.

Μιας και τα περισσότερα αέρια είναι αόρατα στην υπέρυθη κάμερα, οι ελάχιστες φορές που μπορούμε ουσιαστικά να δούμε απευθείας τα σχέδια της θερμικής συναγωγής είναι πάνω σε υγρές επιφάνειες. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα σχήματα συναγωγής θα είναι έμμεσα ορατά σε στέρεες επιφάνειες.

Ένα απλό πείραμα που θα δείξει ένα σχήμα συναγωγής είναι να δούμε μέσα σε ένα κουβά με ζεστό νερό.

Αν θεωρήσουμε ότι μέσα σε ένα υγρό υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές στα σημεία που το υγρό είναι πιο ζεστό, τα μόρια θα είναι πιο αραιά διασκορπισμένα. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μεγαλύτερης μοριακής ταχύτητας - που χτυπούν τα άλλα μόρια απομακρύνοντας τα. Και αν τα μόρια είναι πιο αραιά διασκορπισμένα, αυτό σημαίνει επίσης ότι ο όγκος του πιο ζεστού υγρού θα έχει χαμηλότερη πυκνότητα. Σε αντίθεση, τα πιο ψυχρά μέρη του υγρού, θα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα. Οι διαφορές πυκνότητας μέσα στο υγρό θα δημιουργήσουν διαφορά και στη δύναμη της βαρύτητας. Τα πιο ψυχρά μέρη θα επηρεάζονται περισσότερο από τη βαρύτητα, απ' ό,τι τα ζεστά. Κατά συνέπεια τα ψυχρότερα μέρη του υγρού, θα έχουν την τάση να βυθιστούν και τα θερμότερα να αναδυθούν.

Όταν συμβεί αυτό, θα προκύψει μια κυκλοφορία του υγρού. Η διαδικασία της κυκλοφορίας θα μετακινήσει τη θερμότητα από το ένα σημείο στο άλλο π.χ. θα υπάρχει ροή θερμότητας. Αν ανοίξουμε το παράθυρο σε ένα θερμαινόμενο σπίτι μια κρύα μέρα, ο θερμός αέρας θα ρέει προς τα έξω και ο ψυχρός προς τα μέσα. Ο θερμός και ο ψυχρός αέρας θα αναμιχθούν, η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ μέσα και έξω θα μειωθεί και θα έχει λάβει χώρα η μεταφορά θερμότητας. Και όπως μας λένε οι κανόνες της επιστήμης της μετάδοσης θερμότητας, η θερμότητα θα πάει από το θερμό στο ψυχρό. Ο όρος «άνοδος θερμότητας» είναι μια λανθασμένη αντίληψη. Τα θερμά ρευστά παρουσιάζουν άνοδο αλλά η θερμότητα πάντα πηγαίνει από το θερμό στο ψυχρό.

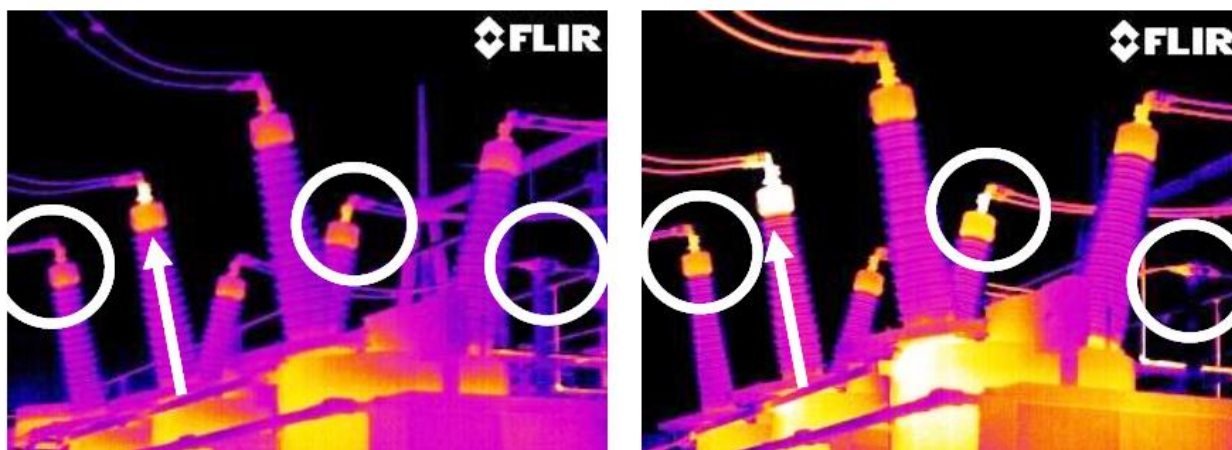


Σχήμα 5:14 Κυκλοφορία ρευστού. Σκοτεινότερο σημαίνει ψυχρότερο ρευστό.

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω ονομάζεται φυσική συναγωγή επειδή μονάχα η δύναμη της βαρύτητας παρεμβάλλεται στη δημιουργία της κυκλοφορίας. Όταν μιλάμε για εξαναγκασμένη συναγωγή εννοούμε μία κατάσταση όπου το ρευστό επηρεάζεται και από μια άλλη δύναμη εκτός της βαρύτητας πχ ένα ανεμιστήρα, μία τρόμπτα ή τον άνεμο.

Παράδειγμα 1: Ψύξη με αέρα

Εδώ έχουμε έναν διακόπτη λαδιού. Η αριστερή εικόνα πάρθηκε με συνθήκες αέρα και η δεξιά με συνθήκες καθόλου αέρα



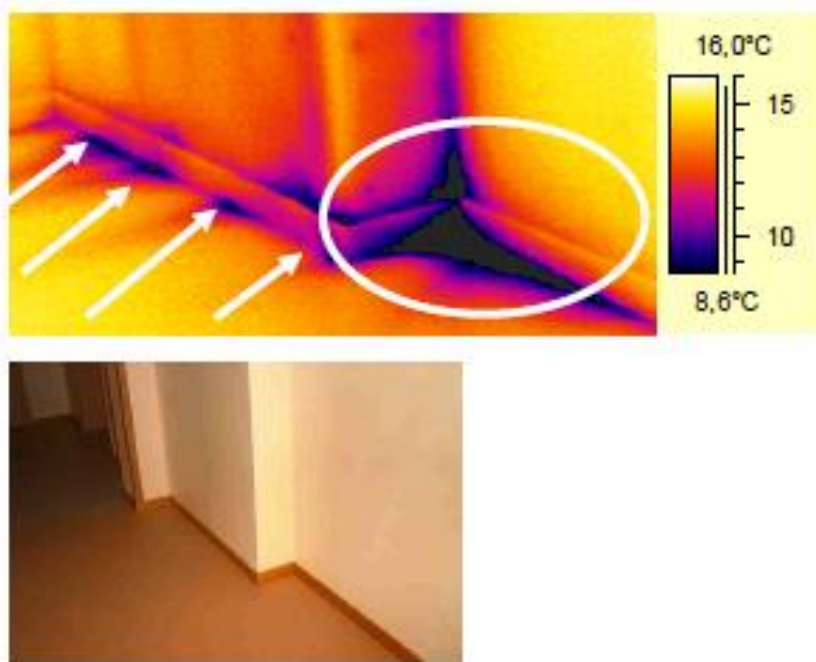
Σχήμα 5:15 Ένας διακόπτης λαδιού σε συνθήκες αέρα(αριστερά) και χωρίς αέρα(δεξιά).

Το βέλος δείχνει μια ζεστή σύνδεση στην κορυφή του σινεμπλόκ της μεσαίας φάσης. Είναι ξεκάθαρα ζεστή, και θα φαινότανε ακόμα και με συνθήκες ροής αέρα. (Βέβαια το να καθοριστεί η σοβαρότητα της κατάστασής της είναι πολύ δύσκολο -ειδικά με συνθήκες ανέμου!). Κάποιες από τις άλλες συνδέσεις θα μπορούσαν να είναι ζεστές (αυτές με τον κύκλο) αλλά δεν είναι εύκολο να πούμε αν έχουν πρόβλημα ή όχι. Ο δεξιός κύκλος στα θερμοδιαγράμματα δείχνει μια σύνδεση που φαίνεται αχνά ότι είναι ζεστή ειδικά στις συνθήκες αέρα. Η ερμηνεία είναι πολύ δύσκολη. Στην εικόνα στα δεξιά, κάποιες από τις ύποπτες συνδέσεις μπορεί να βεβαιωθεί ότι είναι ζεστές –ο μεσαίος και ο δεξιός κύκλος. Ο αριστερός κύκλος δείχνει μία σύνδεση που ίσως είναι ζεστή. Χρειάζεται να διερευνηθεί περαιτέρω.

Το σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι ο αέρας αλλάζει τα θερμικά μοτίβα δραματικά. Οι έρευνες σε δυνατό άνεμο πρέπει να αποφεύγονται γιατί θα χαθούν προβλήματα ή θα παρερμηνευθούν. Μία κοινή παρανόηση είναι ότι χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση διαφοράς θερμοκρασίας πχ κοιτάζοντας τα δέλτα-T μεταξύ συνδέσεων θα σε σώσει σε μία θυελλώδη μέρα. Αυτό δεν είναι αλήθεια γιατί μία πιο ζεστή σύνδεση θα ψυχθεί περισσότερο από τον αέρα από μία λιγότερο ζεστή σύνδεση, οπότε το δέλτα-T θα αλλάξει επίσης.

Παράδειγμα 2: Διείσδυση αέρα

Εδώ είναι μία εικόνα ενός θερμαινόμενου κτιρίου που έχει διαρροές αέρα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα αόρατης μεταγωγικής ροής θερμότητας που μπορούμε να δούμε τις συνέπειες της επάνω στις επιφάνειες που ψύχει.



Σχήμα 5:16 Θερμοδιάγραμμα και φωτογραφία διείσδυσης αέρα.

Ο ψυχρός αέρας δημιουργεί ένα πολύ τυπικό σχέδιο στο πάτωμα και στους τοίχους, καθώς ‘τραβιέται’ στο κτίριο λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του τοίχου.

5.3 Εξάτμιση και συμπύκνωση

Όταν το υγρό μετατρέπεται σε αέριο το ονομάζουμε εξάτμιση, και όταν το αέριο μετατρέπεται σε υγρό το ονομάζουμε συμπύκνωση. Όταν συμβαίνει αυτό υπάρχει μια ανταλλαγή θερμικής ενέργειας, μόνο και μόνο από αυτές τις διαδικασίες.

Όταν έχουμε εξάτμιση από μια επιφάνεια, η επιφάνεια ψύχεται. Αυτό μας είναι πολύ οικείο, επειδή ξέρουμε ότι αν βρέξουμε το χέρι μας με νερό, το νιώθουμε κρύο – το νερό εξατμίζεται και μαζί του παίρνει ενέργεια από το χέρι μας. Όταν το νερό βράζει, εξατμίζει ατμό νερού, χωρίς να αυξάνει τη θερμοκρασία του. Οπότε η θερμότητα από την εστία θα συμβάλλει μόνο στην εξάτμιση και όχι στην αλλαγή θερμοκρασίας του ίδιου του νερού. Η θερμότητα θα απελευθερωθεί στον αέρα με τη μορφή ατμού.

Όταν ο ατμός συμπυκνωθεί πάλι σε νερό, η θερμότητα που φέρει μαζί του θα απελευθερωθεί ξανά. Και αυτό είναι μια πηγή ασάφειας για εμάς γιατί διαισθητικά νιώθουμε πως όταν κάτι βραχεί, θα ψυχθεί. Και θα γίνει, όταν το νερό εξατμιστεί ξανά αλλά όχι όσο εξελίσσεται η διαδικασία της συμπύκνωσης! Όταν αφήνουμε για παράδειγμα ένα παγωμένο ποτό στο τραπέζι, θα ζεσταθεί εξαιτίας της αγωγιμότητας από το τραπέζι, της μεταγωγής του αέρα και της ακτινοβολίας από τα αντικείμενα που το περιβάλλουν. Αλλά η μεγαλύτερη πηγή θέρμανσης θα είναι πιθανότητα από τη συμπύκνωση στην επιφάνεια.

Συνέπειες της εξάτμισης

Το φαινόμενο ψύξης της εξάτμισης (και το φαινόμενο θέρμανσης της συμπύκνωσης) μπορεί να είναι παραπλανητικά για εμάς του θερμογράφους. Στην περίπτωση που δεν είναι προφανές ότι κάτι είναι υγρό και κατά συνέπεια ψυχόμενο λόγω της εξάτμισης, το ψυχρό σημείο που προκύπτει, μπορεί λανθασμένα να θεωρηθεί ως κάτι άλλο. Αυτό είναι ιδιαίτερα κοινό σε κατασκευαστικές εφαρμογές κτιρίων. Αν κοιτάξουμε στην επιφάνεια ενός κτιρίου εξωτερικά, πρέπει να είναι στεγνό. Εάν κοιτάξουμε ζεστά αντικείμενα π.χ. τοιχώματα από φούρνους ή ηλεκτρικές συνδέσεις, θα εμφανιστούν, εάν βρέχει, πολύ λιγότερο ζεστά, έως καθόλου ζεστά. Το νερό της βροχής προφανώς θα είναι πιο κρύο από τα αντικείμενα και θα τα ψύξουν γι' αυτόν ακριβώς το λόγο. Όμως η ψύξη εξάτμισης, μπορεί να είναι πολύ πιο ισχυρή!



Σχήμα 5:17 Κρύο σημείο πεζοδρομίου εξαιτίας της εξάτμισης.

Εάν κοιτάξουμε σε αυτή τη σκηνή του δρόμου, μπορούμε να διακρίνουμε στο θερμοδιάγραμμα ένα ψυχρό σημείο δίπλα από το αυτοκίνητο. Από τη φωτογραφία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει νερό που στεγνώνει στο πεζοδρόμιο και ψύχει την επιφάνεια.

5.4 Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Η μετάδοση θερμότητας με εκπομπή και απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας ονομάζεται μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.

Το μόριο έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην προηγούμενη μας συζήτηση, περί μετάδοσης θερμότητας. Στην αγωγή μεταφορά θερμότητας, τα μόρια συγκρούονται και ανταλλάζουν την κινητική τους ενέργεια και στη μεταγωγική μεταφορά θερμότητας τα μόρια είναι ελεύθερα να αιωρούνται – και είναι υπόλογα στη δύναμη της βαρύτητας ή σε μια εξωτερική δύναμη. Υπό αυτό το σκεπτικό, η μεταφορά θερμότητας με

Θερμική ακτινοβολία είναι εντελώς διαφορετική, γιατί δεν χρειάζεται καθόλου αγωγό. Για την ακρίβεια, η θερμική ακτινοβολία θα πολλαπλασιαστεί καλύτερα στην ολική απουσία μορίων – δηλαδή στο κενό.

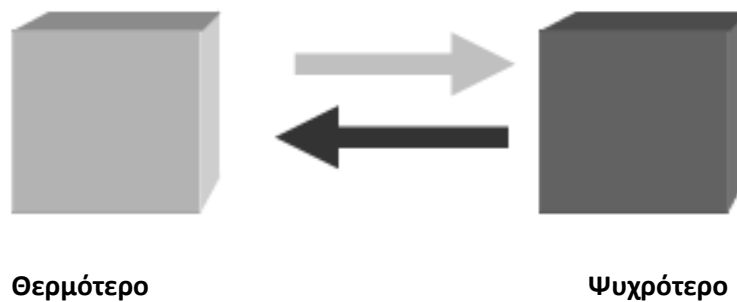
Θερμική ακτινοβολία

Η θερμική ακτινοβολία είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο επόμενο κεφάλαιο, θα μιλήσουμε για διαφορετικούς τύπους ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σε αυτό θα επικεντρωθούμε στη μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία.

Τα αντικείμενα εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία σαν συνέπεια της θερμοκρασίας τους. Μιας και όλα τα αντικείμενα έχουν θερμοκρασία, θα εκπέμπουν όλα θερμική ακτινοβολία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο περισσότερη θερμική ακτινοβολία θα εκπέμπεται.

Κάποια υλικά είναι καλύτερα και πιο αποδοτικά στο να το κάνουν αυτό. Η ποσότητα θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα υλικό σε μια δεδομένη θερμοκρασία, επίσης εξαρτάται από τον τύπο του υλικού.

Η θερμική ακτινοβολία εύκολα θα περάσει μέσα από τα περισσότερα αέρια, αλλά θα περάσει με δυσκολία έως και καθόλου από τα περισσότερα υγρά και στερεά.



Σχήμα 5:18 Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία επιτυγχάνεται με την εκπομπή και απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας. Όλα τα αντικείμενα θα εκπέμπουν και θα απορροφούν θερμική ακτινοβολία στον ίδιο χρόνο. Η καθαρή μετάδοση θερμότητας είναι η διαφορά του τι απορροφά και εκπέμπει ένα αντικείμενο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στο λόγο για τον οποίο χρησιμοποιούμε διαφορετικά μήκη κύματος και πού μπορούμε να βρούμε υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καλύπτει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων ακτινοβολίας, τις οποίες χρησιμοποιούμε για πολλούς και διάφορους σκοπούς. Αυτό το κεφάλαιο αποσκοπεί στο να αντιμετωπίσει στις πραγματικές του διαστάσεις και να θέσει σε προοπτική το υπέρυθρο φάσμα που χρησιμοποιούμε στη θερμογραφία. Η πρόθεση είναι να δώσουμε στον αναγνώστη μια ιδέα του πώς συμπληρώνει το υπέρυθρο τη γενικότερη εικόνα.

Ειδικότερα θα ασχοληθούμε με τα ακόλουθα:

- Πως ταξινομούνται διαφορετικοί τύποι ακτινοβολίας
- Διαφορετικά μήκη κύματος
- Επίγνωση πώς το ορατό φως συγγέεται με το υπέρυθρο
- Κατανόηση του τι σημαίνει μικρό, μεσαίο και μακρύ κύμα
- Κατανόηση του κατά προσέγγιση μήκους κύματος των δυο
- Κατανόηση του λόγου που έχουμε κάμερες μεσαίου και μακριού μήκους κύματος.

6.1 Κύματα

Όλοι έχουμε μία διαισθητική αίσθηση του τι είναι κύμα. Μπορούμε να κάνουμε σερφ σε ένα κύμα, μπορούμε να 'κάνουμε κύμα' στο γήπεδο και λαμβάνουμε ράδιο κύματα με τους δέκτες μας. Εδώ είναι ένας κάπως πιο περίπλοκος ορισμός του κύματος.

‘Μία διατάραξη ή παραλλαγή που μεταφέρει ενέργεια προοδευτικά από σημείο σε σημείο σε έναν αγωγό και μπορεί να πάρει τη μορφή ελαστικής παραμόρφωσης ή τη μορφή της παραλλαγής της πίεσης, της ηλεκτρικής ή μαγνητικής έντασης, του ηλεκτρικού δυναμικού, ή της θερμοκρασίας.’
(Λεξικό Γουέμπστερ)

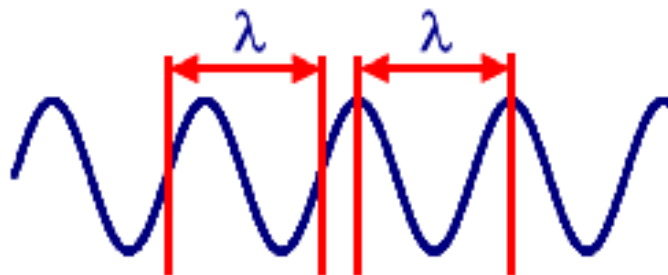
Αρχικά πρέπει να διορθώσουμε τον ορισμό του Γουέμπστερ σε μία μικρή λεπτομέρεια-η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια δεν χρειάζεται αγωγό για τη μεταφορά της. Αλλά εκτός από αυτό ας προσπαθήσουμε να καταλάβουμε τι σημαίνει αυτή η δήλωση. Ας δούμε ένα κύμα που δημιουργήθηκε από την πτώση ενός βράχου σε μια λίμνη.

Όταν ο βράχος χτυπάει στην επιφάνεια, αυτή είναι η 'διατάραξη'. Εκεί που προσγειώνεται, αρχικά θα σπρώξει το νερό κάτω, αλλά η δύναμη της βαρύτητας θέλει την επιφάνεια να είναι επίπεδη (ή καμπύλη σαν τη Γη για την ακρίβεια), έτσι θα σπρώξει το νερό πίσω και μέσα στην κοιλότητα που έκανε ο βράχος. Όταν αρχίσει να κινείται το νερό, θα περάσει το επίπεδο σημείο και θα ξεπεράσει την κανονική επιφάνεια και η βαρύτητα θα το επαναφέρει και ούτω καθεξής. Έχει δημιουργηθεί μία κίνηση ταλάντωσης και υπάρχει κινητική ενέργεια στην κίνηση του νερού. ('...μια ελαστική παραμόρφωση... παραλλαγή της πίεσης...'). Αυτή η ενέργεια θα κινηθεί προς τα έξω από το σημείο που προσγειώθηκε ο βράχος. Αλλά ουσιαστικά δεν θα κινηθεί καθόλου νερό από το κέντρο και προς τα έξω. (Εάν δείτε ανθρώπους να κάνουν κύμα σε ένα γήπεδο, συνεχίζουν να παραμένουν στις θέσεις τους, δεν τρέχουν γύρω από το στάδιο...).



Σχήμα 6.1 Ομόκεντρα κύματα που δημιουργούνται από ρίψη βράχου

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να περιγράψεις ένα κύμα, πχ συχνότητα, πλάτος, μήκος κύματος, ταχύτητα κτλ. Θα ασχοληθούμε με την ταχύτητα και το μήκος κύματος. Στη θερμογραφία, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα συνήθως χαρακτηρίζονται από το μήκος κύματός τους, λ (λάμδα). Σε τι αναφέρεται ο όρος 'μήκος κύματος' φαίνεται στο γράφημα παρακάτω.



Σχήμα 6.2 Επεξήγηση μήκους κύματος, λ (λάμδα).

Το μήκος κύματος είναι η απόσταση από μία κορυφή στην επόμενη, ή αλλιώς, από το ένα μηδενικό πέρασμα στο επόμενο. Η πιο κοινή μονάδα για το μήκος κύματος στη θερμογραφία είναι το μm μικρόμετρο ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m} = 1/1000\text{ mm}$). Αυτό αναφέρεται και 'μάικρον'. Μία άλλη μονάδα για το μήκος κύματος είναι, όταν έχουμε μικρά μήκη κύματος, είναι το Å, Άνγκστρομ ($1\text{ Å} = 10^{-10}\text{ m} = 1/10\,000\,000\,000\text{ m}$). Το Άνγκστρομ πήρε το όνομά του από τον Σουηδό επιστήμονα Άντερς Γιόνας Άνγκστρομ, που το 1868 δημοσίευσε έναν άτλαντα στο φάσμα του ήλιου.

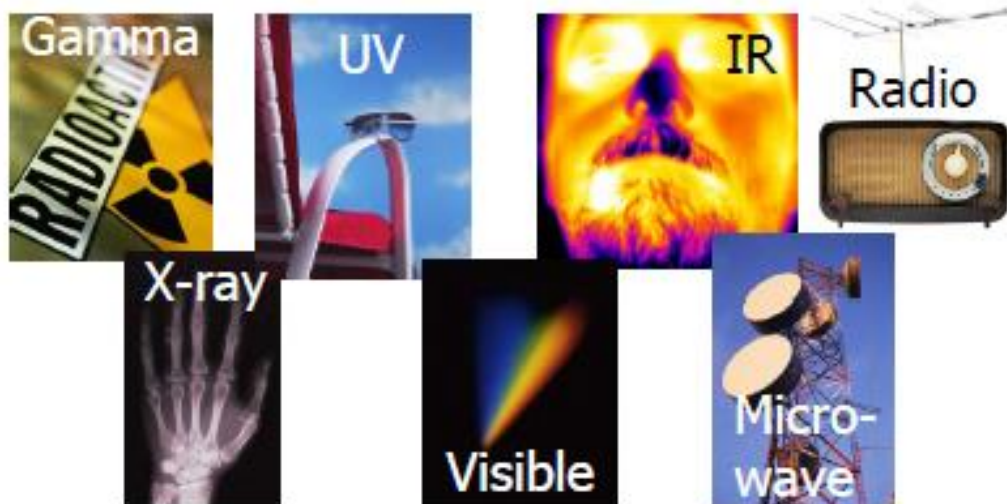
Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με πολύ μεγάλη ταχύτητα, με την ταχύτητα του φωτός. Εξαρτάται και από τον αγωγό και έτσι ορίζεται συνήθως στο κενό. Η ταχύτητα του φωτός συμβολίζεται με ένα μικρό c , και στο κενό $c=299.792.458\text{ m/s}$, ή περίπου 300.000 km/s .

Ορατό φως

Το ορατό φως είναι σε πολλές φορές παρόμοιο με το υπέρυθρο. Το ορατό λευκό φως είναι μία μίξη μηκών κύματος και όταν βλέπουμε κάτι να είναι για παράδειγμα μπλε, είναι επειδή το αντικείμενο έχει την ικανότητα να αντανακλά περισσότερο από το μπλε μέρος του φάσματος, αντί των άλλων μήκους κύματος.

Έτσι γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι διαφορετικά μήκη κύματος σαν διαφορετικά χρώματα. Τα όρια του ανθρώπινου ματιού είναι από περίπου 0.4μm (ιώδες) μέχρι 0.7 μm (ερυθρό). Στο ενδιάμεσο βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα χρώματα του ορατού φάσματος, όπως τα βλέπουμε στο ουράνιο τόξο.

Ζώνες μήκους κύματος



Σχήμα 6.3 ζώνες μήκους κύματος

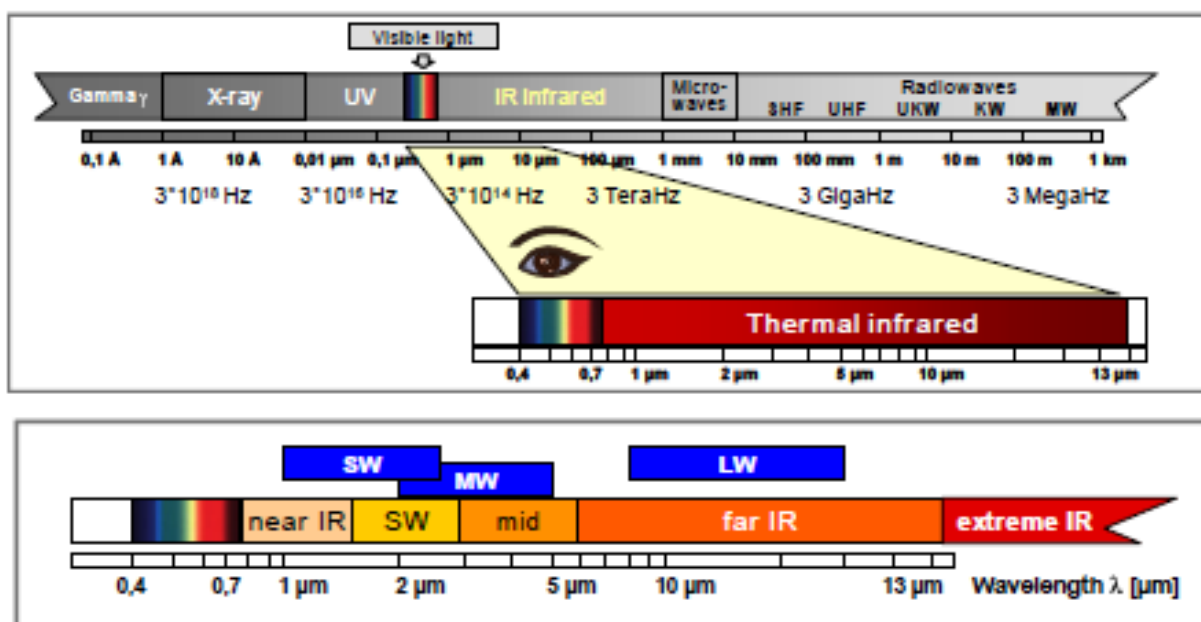
Οι ζώνες μήκους κύματος που μας ενδιαφέρουν είναι:

- Γάμα
- Ακτίνες-Χ
- Υπεριώδες
- Ορατό
- Υπέρυθρο
- Μικροκύματα
- Ραδιοκύματα

Σε αυτή τη λίστα το γάμα είναι το χαμηλότερο μήκος κύματος και αυξάνουν όσο προχωράει η λίστα. Τα μήκη κύματος είναι κατά προσέγγιση και οι ορολογίες διαφέρουν μεταξύ διαφόρων κλάδων (αστρονομία, θερμογραφία, στρατός κτλ.)

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Οι ζώνες μήκους κύματος δεν είναι αυστηρά καθορισμένες, αλλάζουν σταδιακά και επικαλύπτουν η μία την άλλη. Οι ορισμοί βασίζονται περισσότερο στη χρήση που προορίζουμε την κάθε ζώνη παρά από τα φυσικά χαρακτηριστικά. Το ορατό είναι ορατό επειδή μπορούμε να το δούμε. Αυτό διαφέρει μεταξύ ατόμων και μεταξύ των ειδών των ζώων. Υπάρχουν επίσης πολλοί ορισμοί του τι σημαίνει υπέρυθρο, και υπάρχουν ακόμα πιο πολλές υποδείξεις στο πώς να ονομάζουμε τα διαφορετικά μέρη που απαρτίζουν τις ζώνες του μήκους κύματος.



Σχήμα 6.4 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Το παραπάνω είναι μια προσπάθεια να σας δώσουμε μια ιδέα του τι είναι κάποια από τα μήκη κύματος για τις διαφορετικές ζώνες. Δεν είναι απαραίτητο σε αυτό το σημείο να μάθετε όλα τα μήκη κύματος αλλά καλό είναι να θυμάστε τα ακόλουθα:

- Ορατό 0.4-0.7 μm
- Κοντά στο ΥΕ 0.8-1.7μm
- Κοντό κύμα 1.0-2.5 μm
- Μεσαίο κύμα ΥΕ 2-5μm
- Μακρύ κύμα ΥΕ 8-14 μm

6.2 Θερμική ακτινοβολία

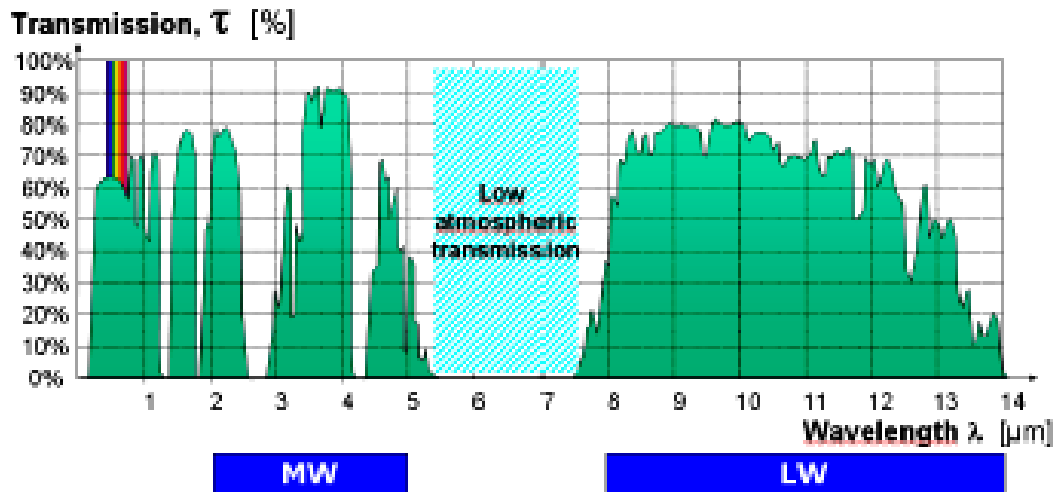
Η θερμική ακτινοβολία είναι μία ευρύτερη έννοια, πέρα απ' το υπέρυθρο. Είναι μια τέτοια ακτινοβολία που έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα δια μέσου της εκπομπής και της απορρόφησης. Δεν είναι μόνο η υπέρυθρη ακτινοβολία που μπορεί να μεταφέρει θερμική ενέργεια. Είναι γεγονός ότι η ακτινοβολία που δεχόμαστε από τον ήλιο έχει μεγαλύτερη ένταση στο ορατό μέρος του φάσματος.

Η θερμική ακτινοβολία συμβαίνει σε ΟΛΟ το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η έντασή της εξαρτάται από τη θερμοκρασία της πηγής και από το μέρος του φάσματος το οποίο κοιτάμε. Στις θερμοκρασίες που συναντάμε γύρω μας, η ένταση είναι υψηλότερη στην υπέρυθρη ζώνη.

Αν μας χτυπούσαν τα ραδιοκύματα, θα καταλήγαμε ψητοί σε αυτόν τον κόσμο της ασύρματης επικοινωνίας. Οι φούρνοι μικροκυμάτων μπορούν να ζεστάνουν τροφή αλλά η διαδικασία βασίζεται στην απευθείας διέγερση των μορίων του νερού. Τα στεγνά αντικείμενα θα μείνουν ανεπηρέαστα – θερμικά - από τα ραδιοκύματα. Οι ακτίνες χ και γ είναι και οι δυο πολύ ανθυγιεινές για εμάς αλλά δεν επηρεαζόμαστε θερμικώς. Εάν εκτεθούμε σ αυτές, αρχικά δε θα νιώσουμε τίποτα αλλά αργότερα θα αρρωστήσουμε αν οι δόσεις υψηλές.

Ατμοσφαιρική εκπομπή

Στη θερμογραφία, χρησιμοποιούμε τους όρους μεσαίο κύμα (MW) και μεγάλο κύμα (LW). Για να εξηγήσουμε γιατί χρησιμοποιούμε αυτές τις ορισμένες ζώνες κύματος στη θερμογραφία, πρέπει να δούμε τον τρόπο που η ατμόσφαιρα εκπέμπει ακτινοβολία



Σχήμα 6:5 Ατμοσφαιρική ακτινοβολία σε διάφορες ζώνες μήκους κύματος.

Το παραπάνω γράφημα δείχνει την εκπομπή της ατμόσφαιρας, για διαφορετικά μήκη κύματος για πολύ μεγάλη απόσταση. Πάρθηκε σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου (1852 μέτρα), σε θερμοκρασία 15,5 C με 70% υγρασία και στο επίπεδο της θάλασσας.

Η πράσινη περιοχή κάτω από το γράφημα, είναι αυτό που απέμεινε από την ακτινοβολία που εξέπεμπε ο στόχος, ένα ναυτικό μίλι μακριά. Μπορούμε να δούμε ότι στο ορατό μέρος εκπέμπεται ακριβώς πάνω από το 60%. Και στα δυο κύματα των υπέρυθρων ζωνών εκπέμπεται ένα υψηλότερο ποσοστό απ' ότι στο ορατό.

Αλλά στα μήκη κύματος μεταξύ μεγάλου και μεσαίου μήκους κύματος τίποτα δεν περνάει. Όλη η ακτινοβολία μένει στην ατμόσφαιρα. Εάν φτιάχναμε μια κάμερα γι' αυτή τη ζώνη κύματος, δεν θα βλέπαμε το στόχο, αλλά το μέσο όρο της ατμόσφαιρας μεταξύ της κάμερας και του στόχου.

Η ακτινοβολία που δεν περνάει, μερικές φορές ονομάζεται εξασθενημένο τμήμα. Η ατμοσφαιρική εξασθένηση θα μειωθεί με μικρότερες αποστάσεις. Σε μια απόσταση 10 μέτρων για παράδειγμα, είναι σίγουρα πολύ μικρότερη από αυτό που φαίνεται στο γράφημα. Είναι ακόμα αρκετή για να κάνει την ατμοσφαιρική ζώνη εξασθένησης ακατάλληλη για θερμογραφία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε και να αναλύσουμε πλήρως την υπέρυθρη εικόνα και να μπορέσουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία με υπέρυθρη ακτινοβολία, πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε πώς συμπεριφέρεται η ακτινοβολία. Πρέπει να ξέρουμε τι συμβαίνει όταν η ακτινοβολία χτυπάει την επιφάνεια ενός σώματος και πρέπει να ξέρουμε τι περιέχει η ακτινοβολία που προέρχεται από την επιφάνεια ενός σώματος. Ειδικότερα θα πρέπει να γίνει πλήρης κατανόηση της προσπίπτουσας και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, καθώς και η έννοια του μέλανος σώματος.

7.1 Τρόποι ανταλλαγής ακτινοβολίας

Θα ασχοληθούμε με τον τρόπο που η ακτινοβολία συμπεριφέρεται και πώς η ενέργεια ανταλλάσσεται με την ακτινοβολία. Θα χρησιμοποιήσουμε μια συγκεκριμένη ορολογία και για να αποφύγουμε κάθε σύγχυση πρέπει να διευκρινίσουμε κάποιους ορισμούς.

Ποιοι είναι οι τρόποι που ανταλλάσσεται η ακτινοβολία μεταξύ αντικειμένων? Εδώ είναι ένα σύνολο ορισμών, όσο πιο απλά μπορούν να εκφραστούν.

- Εκπομπή – όταν δίνεται ενέργεια (εκπέμπω, δίνω)
- Απορρόφηση – όταν προσλαμβάνεται ενέργεια και διατηρείται (απορροφώ)
- Αντανάκλαση – όταν η ενέργεια χτυπάει και ξαναφεύγει (αντανακλώ)
- Μετάδοση – όταν η ενέργεια μεταδίδεται (μεταδίδω)

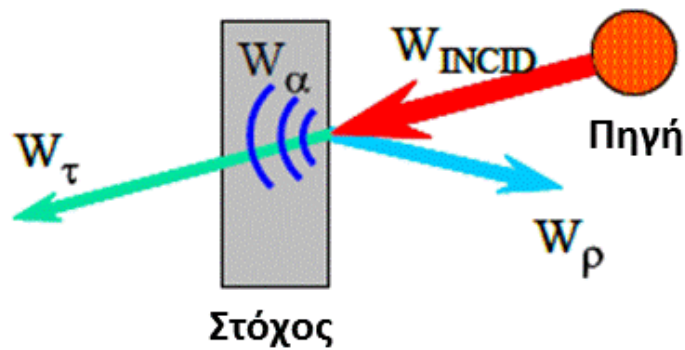
Θα χρησιμοποιούμε επίσης κάποια Ελληνικά γράμματα σαν στοιχεία εξισώσεων και καταλήξεων για να δηλώσουμε τους τρόπους ανταλλαγής ακτινοβολίας που αναφέραμε παραπάνω. Εδώ είναι μια εξήγηση για όσους δεν γνωρίζουν το Ελληνικό Αλφάβητο

- ε, είναι το ελληνικό γράμμα έψιλον
- α, είναι το ελληνικό γράμμα άλφα
- ρ, είναι το ελληνικό γράμμα ρο
- τ, είναι το ελληνικό γράμμα ταυ

7.2 Προσπίπτουσα ακτινοβολία

Η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι ολόκληρη η ακτινοβολία που χτυπάει σε ένα σώμα από το περιβάλλον του.

Στο παρακάτω διάγραμμα η προσπίπτουσα ακτινοβολία λέγεται Wincid. Είναι η συνολική ακτινοβολία που χτυπάει ένα στόχο – αντικείμενο από μια πηγή ή – πιθανότερα – από ένα πλήθος πηγών.



Σχήμα 7.1 Πώς αναλύεται η προσπίπτουσα ακτινοβολία

Όταν η ακτινοβολία W_{incid} προσπίπτει στην επιφάνεια ενός στόχου μόνο τρία πιθανά πράγματα μπορούν να συμβούν. Ένα συγκεκριμένο μέρος πάντα θα απορροφάται και ο στόχος/αντικείμενο θα διατηρεί την ενέργεια, αυτό το μέρος ονομάζεται W_{α} στο διάγραμμα. Ένα άλλο μέρος θα αντανακλάται που το λέμε W_{ρ} στο διάγραμμα. Αυτό το μέρος δε θα επηρεάζει καθόλου το αντικείμενο/στόχο. Μπορεί να έχουμε και κάποια μεταδιδόμενη ακτινοβολία W_{τ} που θα περάσει μέσα από το αντικείμενο/στόχο και επίσης θα αφήσει το στόχο ανεπηρέαστο.

Το συμπέρασμα μας είναι ότι από τη συνολική προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ένα στόχο ένα συγκεκριμένο ποσοστό θα:

- απορροφάται
- αντανακλάται
- μεταδίδεται

Αν το εκφράσουμε αυτό σαν εξίσωση θα μοιάζει με αυτό

$$W_{\alpha} + W_{\rho} + W_{\tau} = W_{\text{incid}} = 100\%$$

Ίσως παρατηρήσατε ότι αυτά που είπαμε ταιριάζουν με αυτά που μάθαμε νωρίτερα, ότι η ενέργεια δε μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί. Όλη η ενέργεια έχει υπολογιστεί με αυτήν την εξίσωση.

Ιδιότητες προσπίπτουσας ακτινοβολίας

Η επόμενη ερώτηση είναι αυτό που ρυθμίζει αυτή τη συμπεριφορά. Πώς ξέρουμε τι ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται, αντανακλάται και μεταδίδεται? Αυτό εξαρτάται από τις ιδιότητες του αντικειμένου!

Στην προηγούμενη παράγραφο μιλήσαμε για ακτινοβολία, και τι συνέβη σε αυτή όταν χτύπησε ένα στόχο. Αυτό που συμβαίνει με την ακτινοβολία είναι συνέπεια των ιδιοτήτων ακτινοβολίας των στόχων.

Κάθε αντικείμενο έχει συγκεκριμένη χωρητικότητα ή ικανότητα να

- απορροφά – ονομάζεται Απορρόφηση, α (αλφα)
- αντανακλά – ονομάζεται Αντανάκλαση, ρ (ρο)
- μεταδίδει – ονομάζεται Μετάδοση, τ (ταφ)

Το άθροισμα και των τριών θα είναι πάντα 1.

Αν το εκφράσουμε αυτό σαν τύπο, θα έχουμε :

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \quad (7.1)$$

Αυτός είναι ένας πολύ σημαντικός τύπος και οι συνέπειές του επίσης σημαντικές ως προς την κατανόηση του.

7.3 Εκπεμπόμενη ακτινοβολία

Εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι όλη η ακτινοβολία που απομακρύνεται από την επιφάνεια ενός αντικείμενου άσχετα με τις αρχικές πηγές της.

Η προσπίπτουσα και η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι διαφορετικές σε ένα πολύ σημαντικό σημείο. Όταν συζητήσαμε για την προσπίπτουσα ακτινοβολία δε μας απασχόλησε από πού έρχεται η ακτινοβολία, απλά ότι ερχόταν από μία πηγή ή πηγές, εκτός από το ίδιο το αντικείμενο. Με την εξαγόμενη ακτινοβολία θα ασχοληθούμε με την ακτινοβολία που προέρχεται από τρεις συγκεκριμένες πηγές.

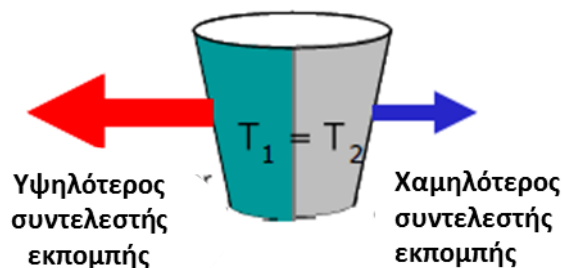
Το πρώτο μέρος της εξαγόμενης ακτινοβολίας με το οποίο θα ασχοληθούμε, είναι το μέρος που προέρχεται από το ίδιο το αντικείμενο/στόχο.

Ιδιότητες ακτινοβολίας - εκπομπή

Στην υπέρυθη θερμογραφία, το πιο σημαντικό μέρος της εξαγόμενης ακτινοβολίας είναι το εκπεμπόμενο. Για αυτό θα μελετήσουμε την εκπεμπόμενη ακτινοβολία ξεχωριστά, πριν την κουβεντιάσουμε σε συνδυασμό με τα άλλα μέρη που απαρτίζουν την εξαγόμενη ακτινοβολία.

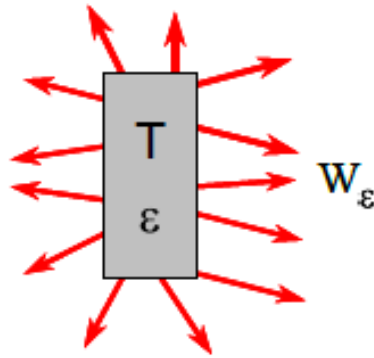
Ένα αντικείμενο έχει συγκεκριμένη αποδοτικότητα ή ικανότητα να:

- εκπέμπει – ονομάζεται ικανότητα ακτινοβολίας ϵ , (έψιλον)



Σχήμα 7.2 Ίδια θερμοκρασία, διαφορετική ικανότητα εκπομπής

Αυτό το αντικείμενο έχει υψηλότερη ικανότητα εκπομπής στα αριστερά και χαμηλότερη στα δεξιά. παρόλο που η θερμοκρασία είναι ίση και στις δυο μεριές, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία θα είναι μεγαλύτερη στα αριστερά. Αυτό σημαίνει ότι η ουσιαστική απώλεια θερμότητας αυτού του αντικείμενου, θα είναι μεγαλύτερη στην αριστερή περιοχή. Αν δούμε ένα τέτοιο αντικείμενο με μια υπέρυθη κάμερα, η αριστερή πλευρά θα εμφανίζεται πιο ζεστή.



Σχήμα 7.3 Ένα σώμα που εκπέμπει θερμική ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις.

Η ακτινοβολία W_ϵ εκπέμπεται σε όλες τις κατευθύνσεις. Η ποσότητα της ακτινοβολίας που εκπέμπεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντικειμένου και την ικανότητα εκπομπής του. Όλα τα σώματα έχουν θερμοκρασία και ικανότητα εκπομπής. Έτσι όλα τα αντικείμενα θα εκπέμπουν επίσης υπέρυθη ακτινοβολία.

Όσο υψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο περισσότερη ακτινοβολία θα εκπέμπεται. Ισχύει και το αντίθετο – σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, το αντικείμενο εκπέμπει λιγότερη ακτινοβολία. Η ικανότητα εκπομπής λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο. Ένα αντικείμενο με μεγαλύτερη ικανότητα εκπομπής θα εκπέμπει περισσότερο από ένα αντικείμενο με μικρότερη, ακόμα και αν οι θερμοκρασίες τους είναι ίδιες.

Είναι ο συνδυασμός και των δυο, θερμοκρασίας και ικανότητα εκπομπής που καθορίζουν την εκπεμπόμενη δύναμη από το αντικείμενο!

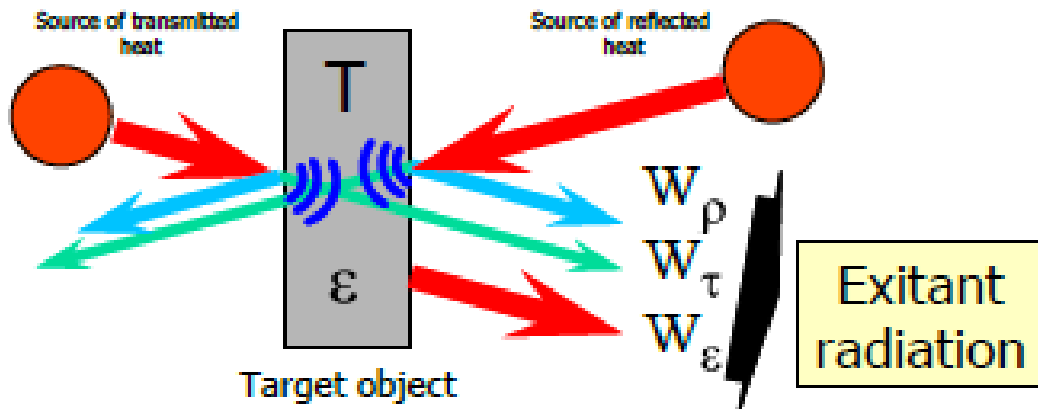
Άλλες πηγές ακτινοβολίας...

Ξέρουμε από τα προηγούμενα ότι η εξαγόμενη ακτινοβολία είναι όλη η εκπεμπόμενη ακτινοβολία που απομακρύνεται από την επιφάνεια ενός αντικειμένου άσχετα από τις αρχικές πηγές του. Κουβεντιάσαμε το πρώτο από τα τρία μέρη, που είναι η εκπεμπόμενη ενέργεια από το ίδιο το αντικείμενο/στόχο.

Οι άλλες δύο πηγές είναι αντικείμενα μπροστά ή πίσω από το στόχο που είτε αντανακλούν την ενέργειά τους στο στόχο είτε την ακτινοβολούν μέσα του.

7.4 Συνολικά εκπεμπόμενη ακτινοβολία

Στο Σχήμα 7.4 έχουμε τρεις πηγές ακτινοβολίας. Τον ίδιο το στόχο, μια πηγή μπροστά από το στόχο και μια πηγή πίσω από το στόχο. Υποθέτουμε ότι κοιτάζουμε το στόχο από τα δεξιά στα αριστερά. Η εξαγόμενη ακτινοβολία του στόχου, είναι το άθροισμα της ακτινοβολίας από το ίδιο το αντικείμενο – στόχο, της ακτινοβολίας που έρχεται από την αντανάκλαση της πηγής θερμότητας που αντανακλά πάνω στον ίδιο το στόχο και από την ακτινοβολία που έρχεται από την πηγή εκπεμπόμενης θερμότητας και περνάει μέσα από το στόχο.



Σχήμα 7.4 Οι τρεις πηγές εξαγόμενης ακτινοβολίας ενός αντικειμένου

Ο στόχος έχει θερμοκρασία και ικανότητα εκπομπής και καθορίζουν την ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το στόχο (W_ϵ). Η ένταση των δυο άλλων συστατικών ακτινοβολίας (W_ρ και W_τ) δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του στόχου αλλά από τη θερμοκρασία και την ικανότητα εκπομπής των πηγών της αντανακλώμενης και εκπεμπόμενης θερμότητας αντιστοίχως. Το μέγεθος των αντανακλώμενων και εκπεμπόμενων αναλογιών όμως, εξαρτάται από την αντανακλαστικότητα και την εκπομπή του ίδιου του στόχου.

Από τα όσα είπαμε παραπάνω είμαστε πάλι έτοιμοι να βγάλουμε ένα συμπέρασμα. Η εξαγόμενη ακτινοβολία μπορεί να έχει μέχρι και τρεις διαφορετικές πηγές. Από την ολική εξαγόμενη ραδιενέργεια ενός στόχου, ένα ποσοστό θα είναι:

- παραγόμενο, από τον ίδιο το στόχο
- ανακλώμενο, από μια πηγή μπροστά από το στόχο
- εκπεμπόμενο, από μια πηγή πίσω από το στόχο

Εκφραζόμενο σαν τύπος, έχει ως εξής:

$$W_\epsilon + W_\rho + W_\tau = W_{\text{exit}} = 100\%$$

Αυτή η εξίσωση μοιάζει παραπλανητικά ίδια με αυτήν που σχηματίσαμε για την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Η μόνη διαφορά μεταξύ του $W_{\text{incid}} + W_{\text{exit}}$ είναι ότι έχουμε αλλάξει το W_α με το W_ϵ . Αλλά δεν είναι μόνο αυτό! Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία προέρχεται από τρεις διαφορετικές πηγές.

Κάθε αντικείμενο έχει συγκεκριμένη χωρητικότητα ή ικανότητα να

- εκπέμπει – ονομάζεται Εκπομπή, ϵ (έψιλον)
- αντανακλά – ονομάζεται Αντανάκλαση, ρ (ρο)
- μεταδίδει – ονομάζεται Μετάδοση, τ (ταυ)

Το άθροισμα και των τριών θα είναι πάντα 1.

Αν το εκφράσουμε αυτό σαν τύπο, θα έχουμε:

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \quad (7.3)$$

Εκπομπή και απορροφητικότητα

Η χωρητικότητα ή η ικανότητα ενός αντικειμένου να απορροφά ενέργεια προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι πάντα ίδια με την ικανότητα να εκπέμπει την ίδια του την ενέργεια σαν ακτινοβολία.

Η παραπάνω πρόταση είναι μια προφορική έκφραση κάτι πολύ σημαντικού στην επιστήμη ακτινοβολίας. Αυτό που λέει είναι ότι αν ένα αντικείμενο είναι ικανό να απορροφά προσπίπτουσα ακτινοβολία, θα είναι επίσης ικανό να εκπέμπει την ίδια του την ενέργεια σαν ακτινοβολία. Και φυσικά ισχύει και το αντίθετο – ένας κακός απορροφητής θα είναι και κακός πομπός. Ένας αδιαφανής ‘κακός απορροφητής’ είναι στην ουσία ένας καλός ανακλαστήρας, έτσι ένας καλός ανακλαστήρας θα είναι κακός πομπός. Επομένως αν θέλετε να διατηρήσετε τη θερμότητα σε κάτι, καλύπτοντάς το με αλουμινόχαρτο, θα λειτουργήσει με τον ίδιο τρόπο σα να το μονώνεται με ένα υλικό χαμηλής αγωγιμότητας. Η χαμηλή ικανότητα εκπομπής θα επιτρέψει λιγότερη διαφυγή θερμότητας με μορφή ακτινοβολίας.

7.5 Εξισώσεις ακτινοβολίας

Τώρα θα συνοψίσουμε τους τύπους που έχουμε συναντήσει κατά την εξερεύνηση στην ανταλλαγή ενέργειας με ακτινοβολία.

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \quad (7.4)$$

$$\alpha = \varepsilon \quad (7.5)$$

$$\varepsilon + \tau + \rho = 1 \quad (7.6)$$

7.6 Μέλανα σώματα

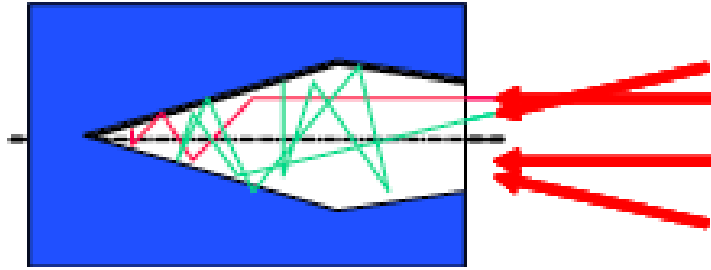
Το μέλαν σώμα είναι ένα ιδανικό σώμα. Τα μέλανα σώματα δεν υπάρχουν στην πραγματική ζωή. Ο όρος είναι βολικός να τον χρησιμοποιούμε σε επιστημονικές επεξηγήσεις διαφόρων φαινομένων. Οι εξομοιωτές μελανών σωμάτων είναι πολύ σημαντικοί στη θερμογραφία γιατί χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση υπέρυθρων συστημάτων μέτρησης. Ένας εξομοιωτής μιμείται πολύ σε χαρακτηριστικά το ιδανικό μέλαν σώμα.

Μέλαν σώμα – απορρόφηση

Ένα ιδανικό μέλαν σώμα θα απορροφήσει 100% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που σημαίνει ότι δεν αντανακλά ούτε μεταδίδει καθόλου ακτινοβολία.

Για το μέλαν σώμα:

$$\alpha = 1 \text{ (και } \rho + \tau = 0)$$



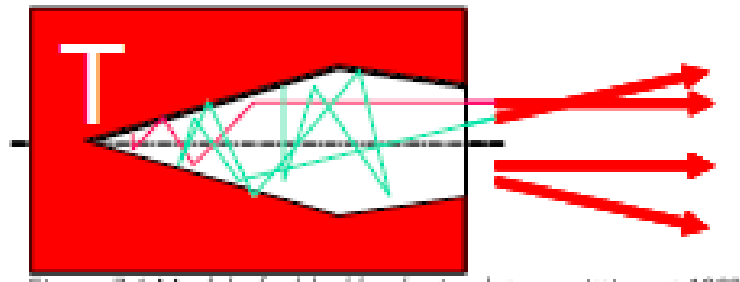
Σχήμα 7.5 Μοντέλο εξομοιωτή μέλανος σώματος που απορροφά όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία

Μέλαν σώμα – εκπομπή

Ένα μέλαν σώμα θα εκπέμψει το 100% της ενέργειάς του, που σημαίνει ότι κανένα άλλο αντικείμενο στην ίδια θερμοκρασία δεν είναι ικανό να εκπέμψει περισσότερη ενέργεια.

Για ένα μέλαν σώμα

$$\varepsilon = 1 \text{ (και } \rho + \tau = 0\text{)}$$



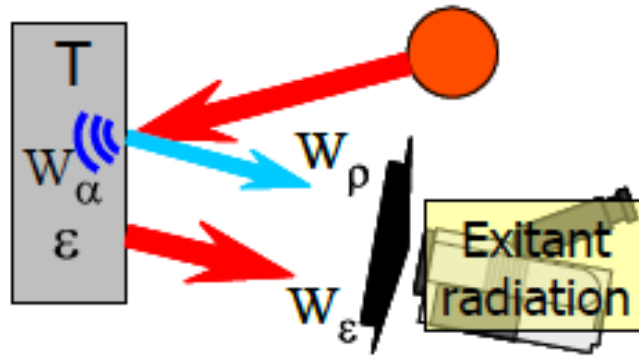
Σχήμα 7.6 Μοντέλο εξομοιωτή μέλανος σώματος που εκπέμπει με 100% αποδοτικότητα

Στην πραγματικότητα, σε μετρήσεις κανονικών περιπτώσεων, ποτέ δε θα συναντήσουμε μέλαν σώμα στο πεδίο δράσης μας. Οι στόχοι μας δεν θα είναι μέλανα σώματα αλλά όπως λέμε 'κανονικά σώματα'. Τα κανονικά σώματα μπορούν να έχουν όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε σε αυτό το κεφάλαιο όπως την ικανότητα να εκπέμπουν, να απορροφούν, να αντανακλούν και να μεταδίδουν την υπέρυθη ακτινοβολία. Αλλά οι περισσότεροι στόχοι δεν είναι μεταδοτικοί, αλλά αδιαφανείς π.χ. $\tau = 0$.

Για τους θερμογράφους αυτό είναι ένα πολύ ευτυχές γεγονός γιατί όπως θα δούμε αργότερα, απαιτούνται ειδικές συνθήκες για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία με υπέρυθρο σε ένα στόχο που εκπέμπει.

Όταν ισχύουν αυτές οι δυο συνθήκες ο τύπος ακτινοβολίας είναι ως εξής:

$$\varepsilon + \rho = 1 \quad (7.7)$$



Σχήμα 7.7 Η εξαγόμενη ακτινοβολία από έναν αδιαφανές στόχο αποτελείται από εκπεμπόμενη και αντανακλώμενη ακτινοβολία.

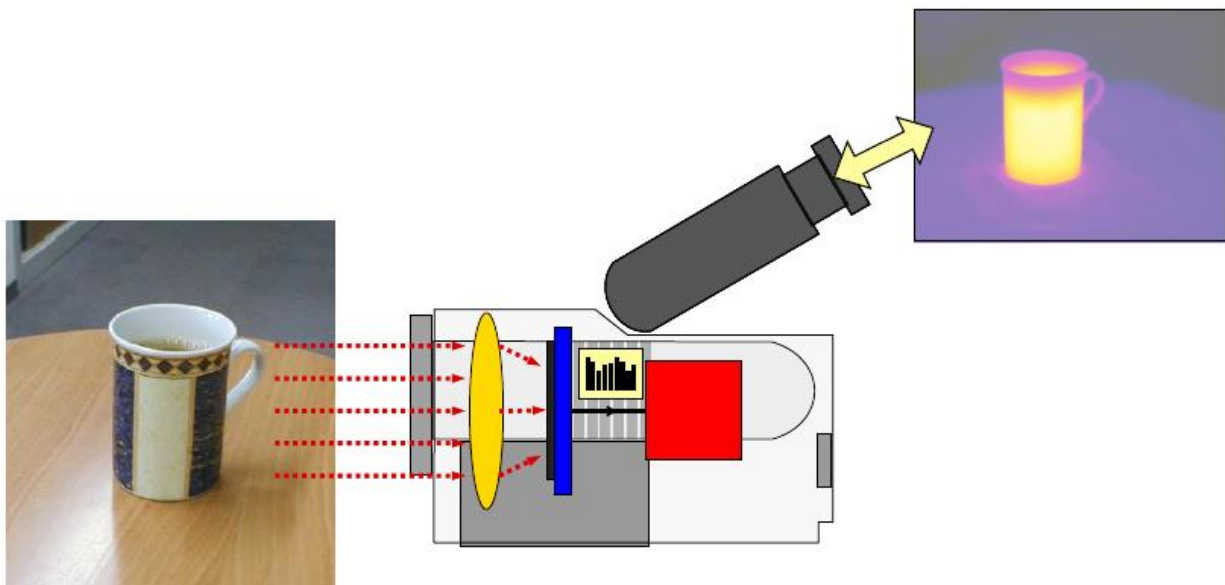
Αυτό είναι καίριο για αδιαφανή μη μέλανα σώματα, δηλαδή για πραγματικά μη-μεταδοτικά σώματα. Για τέτοιου είδους στόχο, πρέπει πάντα να θυμόμαστε ότι ακτινοβολία από ΔΥΟ πηγές εξέρχεται από το σώμα – αντανακλάται και εκπέμπεται. Αυτό είναι πολύ σημαντικό να το καταλάβουμε και να το θυμόμαστε, όχι μόνο να μπορούμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία, αλλά να είμαστε ικανοί να ερμηνεύσουμε σωστά την υπέρυθη εικόνα, που είναι το θέμα του επόμενου κεφαλαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρεται η θέαση της κάμερας και τι αντιπροσωπεύει η υπέρυθρη εικόνα. Ειδικότερα, όταν κοιτάζουμε μια θερμική εικόνα, έχουμε τη συνήθεια να ερμηνεύουμε την εικόνα σαν μια οπτική εικόνα. Αυτό πρέπει να το αλλάξουμε στο μυαλό μας! Είναι μια πολύ μεγάλη διαδικασία όπως πολλοί έμπειροι μπορούν να διαπιστώσουν και πραγματικά δεν τελειώνει ποτέ. Κοιτάζοντας εικόνες που πάρθηκαν πριν δέκα χρόνια, μπορούμε να δούμε εντελώς νέα πράγματα που δεν είδαμε ποτέ προηγουμένως και μπορούμε να κάνουμε μια εντελώς διαφορετική ανάλυση αυτού που βλέπουμε απλά επειδή έχουμε αναπτύξει έναν νέο τρόπο να κοιτάζουμε τις θερμικές εικόνες. Προσπαθήστε να αποτάξετε το οπτικό φάσμα και να βουτήξετε στο υπέρυθρο!

8.1 Αρχή κάμερας

Η κάμερα μετατρέπει την αόρατη υπέρυθρη ακτινοβολία σε ορατή εικόνα. Βλέπει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το στόχο που κοιτάζει. Η υπέρυθρη ακτινοβολία περνάει μέσα από τους φακούς και εστιάζεται στον ανιχνευτή, σχεδόν όπως η οπτική ακτινοβολία επάνω στο φιλμ μιας κανονικής κάμερας.



Σχήμα 8.1 Αρχή της υπέρυθρης κάμερας

Ο ανιχνευτής θα δημιουργήσει ένα είδος ηλεκτρικού σήματος, το οποίο θα αλλάζει ανάλογα με την ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό. Σημείωση: η ένταση, τίποτα άλλο! Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύεται και ψηφιοποιείται και ταιΐζεται στα ηλεκτρονικά της κάμερας. Έπειτα μετατρέπεται σε μια εικόνα που εμφανίζεται στο σκόπευτρο και μπορούμε να δούμε μια υπέρυθρη εικόνα.

8.2 Ορατό εναντίον υπέρυθρου

Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις διαφορές όταν κοιτάζουμε το υπέρυθρο και το οπτικό.

1. Στο ευρύ φάσμα του ορατού φωτός, τα μάτια μας βλέπουν αντανάκλαση. Η υπέρυθη κάμερα ανιχνεύει και την ανακλώμενη και την εκπεμπόμενη ΥΕ ακτινοβολία.
2. Βλέπουμε διαφορετικά μήκη κύματος σαν διαφορετικά χρώματα και την ίδια στιγμή διακρίνουμε την ένταση σαν φωτεινότητα. Με μια 8 – 12 μm ΥΕ κάμερα, ανιχνεύεται και εμφανίζεται μόνο η ένταση της ακτινοβολίας στο εύρος του φάσματος.

Όταν κοιτάζουμε κάτι με τα μάτια μας, βλέπουμε κυρίως αντανακλάσεις. Εκτός αν κάτι είναι πολύ ζεστό – τουλάχιστον 500°C – θα βλέπουμε το ορατό φως από μια άλλη πηγή που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο. Η πηγή του ορατού φωτός μπορεί να είναι μια λάμπα ή ο ήλιος. Τα χρώματα που βλέπουμε είναι επίσης αντανακλάσεις. Μια μπλε κούπα για παράδειγμα θα έχει την ικανότητα να αντανακλά περισσότερο το μπλε μέρος του ορατού φωτός και να απορροφά τα υπόλοιπα χρώματα.

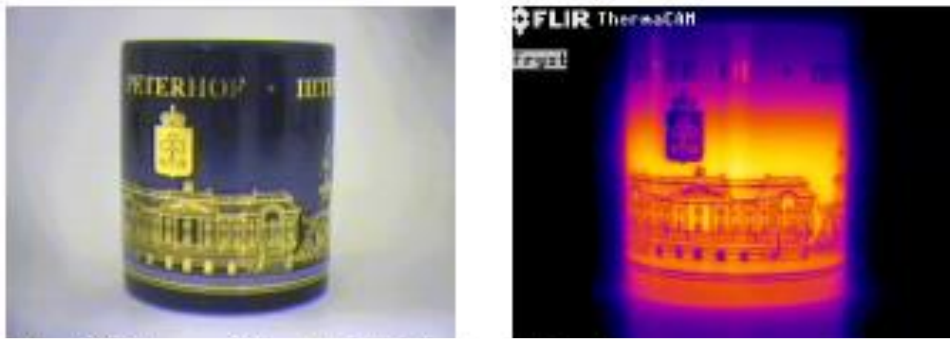


Σχήμα 8.2 Το οπτικό είναι αντανακλάσεις, το υπέρυθρο είναι ακτινοβολία στόχου.

Παρόλο που παίρνουμε αντανακλάσεις και στο υπέρυθρο, το ανακλώμενο κομμάτι είναι κάτι που προσπαθούμε να αντισταθμίσουμε. Προτιμούμε υψηλής εκπομπής στόχους που δεν αντανακλούν τόσο πολύ. Είναι κυρίως η ικανότητα εκπομπής από το στόχο που μας ενδιαφέρει περισσότερο, το ανακλώμενο κομμάτι συνήθως είναι μια ενόχληση. Η υπέρυθη κάμερα δε βλέπει καμία διαφορά μέσα στη ζώνη μήκους κύματος που ευαισθητοποιείται. Μια μεγάλη μήκους κύματος κάμερα για παράδειγμα, που χρησιμοποιεί 8 – 12 μm ζώνη κύματος δεν γνωρίζει εάν η ακτινοβολία που χτυπάει τον ανιχνευτή προέρχεται από 8, 9, 10, 11 ή 12 μm . Απλά αθροίζει το γενικό άθροισμα – την ένταση της ακτινοβολίας. Η εικόνα θα χρησιμοποιεί μια φανταστική κλίμακα του γκρι ή έγχρωμη, όπου το ένα άκρο της κλίμακας συνεπάγεται υψηλότερη ένταση ακτινοβολίας και το άλλο χαμηλότερη ένταση ακτινοβολίας.

8.3 Θερμική εικόνα

Τι είναι μια θερμική εικόνα? Είναι μια εικόνα έντασης θερμικής ακτινοβολίας. Ένα πολύ κοινό λάθος είναι να υποθέσουμε επίσης ότι είναι μια εικόνα κατανομής θερμοκρασίας. Δεν είναι! Ας δούμε δυο παραδείγματα. Θα μας δείξουν ότι αυτά που βλέπουμε στην εικόνα, δεν είναι επ' ουδενί κατανομή θερμοκρασίας, αλλά είναι πάντα ένταση ακτινοβολίας.



Σχήμα 8.3 Μπλε κούπα με χρυσό αποτύπωμα σε οπτικό και υπέρυθρο

Εδώ είναι οι εικόνες μιας μπλε κούπας σε οπτικό και υπέρυθρο. Στην οπτική φωτογραφία, η ίδια η κούπα αντανακλά περισσότερο από το μπλε μέρος του ορατού φάσματος. Στην ασπρόμαυρη εικόνα θα φαίνεται σκοτεινότερο. Το χρυσό αποτύπωμα θα φαίνεται ελαφρώς κιτρινωπό θα έχει μια μεταλλική λάμψη. Θα έχει μια πιο ελαφριά σκιά στην ασπρόμαυρη εικόνα. Οτιδήποτε βλέπουμε είναι αντανακλώμενο.

Στη θερμική εικόνα, η μπλε κούπα έχει υψηλότερη ικανότητα εκπομπής και ως εκ τούτου θα ακτινοβολεί περισσότερο από το χρυσό αποτύπωμα που έχει χαμηλή ικανότητα εκπομπής. Η θερμοκρασία της επιφάνειας παρ' όλα αυτά, είναι σχεδόν παρόμοια μεταξύ του μπλε και του χρυσού! Η θερμική εικόνα, πραγματικά δείχνει τις διαφορές έντασης ακτινοβολίας αλλά όχι τις πραγματικές διαφορές θερμοκρασίας.

Σε αυτή την περίπτωση είναι η διαφορά της ικανότητας εκπομπής που προκαλεί την αντίθεση στη θερμική εικόνα, όχι η διαφορά θερμοκρασίας. Και η μπλε κούπα και το χρυσό αποτύπωμα λαμβάνουν ίση ποσότητα ακτινοβολίας από τα περιβάλλοντα αντικείμενα του δωματίου. Στην υπέρυθρη η θερμική ακτινοβολία από το δωμάτιο θα ανακλάται επίσης, περισσότερο από το χρυσό αποτύπωμα και λιγότερο από τη μπλε κούπα.



Σχήμα 8.4 Οπτική και υπέρυθρη εικόνα του ίδιο σκηνικού.

Εδώ είναι μια εικόνα ενός παραθύρου σε ορατό και σε υπέρυθρο. Υπάρχει ένας άντρας με μια υπέρυθρη κάμερα που στέκεται μπροστά από το παράθυρο, αλλά στην οπτική εικόνα το μόνο που βλέπουμε στο παράθυρο είναι αυτό που βρίσκεται έξω από το κτίριο. Στη θερμική εικόνα μπορούμε να δούμε μια αντανάκλαση του άντρα. Ο άντρας αποτελεί μια ποσότητα υψηλότερης ανακλώμενης ακτινοβολίας από το υπόλοιπο δωμάτιο και για αυτό το παράθυρο είναι 1,5 βαθμούς Κελσίου θερμότερο στην αντανάκλαση. Το ίδιο το παράθυρο βεβαίως έχει παντού την ίδια θερμοκρασία, εκτός από τα όρια του που είναι πιο

ψυχρό. Αλλά η εξαγόμενη ακτινοβολία από την περιοχή της αντανάκλασης είναι πράγματι μεγαλύτερη! Έτσι πάλι βλέπουμε ότι η θερμική εικόνα εκπροσωπεί την ένταση της ακτινοβολίας, όχι τη θερμοκρασία.

Εμφανής θερμοκρασία

Τώρα είμαστε έτοιμοι να δώσουμε έναν σημαντικό ορισμό που θα χρησιμοποιούμε πολύ μετέπειτα και είναι η εμφανής θερμοκρασία.

Εμφανής θερμοκρασία - Ορισμός

Η εμφανής θερμοκρασία είναι η μη αντισταθμισμένη ένδειξη από μια ΥΕ κάμερα, η οποία περικλείει όλη την ακτινοβολία που προσπίπτει στο εργαλείο, ανεξάρτητα από τις πηγές της.

Η θερμική εικόνα θα είναι πάντα μια εικόνα εμφανούς θερμοκρασίας.

Η εμφανής θερμοκρασία, είναι διαφορετική από την πραγματική θερμοκρασία – που συνδέεται με τη μοριακή κίνηση των ατόμων και των μορίων. Η εμφανής θερμοκρασία είναι μια μη αντισταθμισμένη ένδειξη θερμοκρασίας, ακριβώς όπως τη βλέπει το ΥΕ όργανο. Για να πάρουμε μια πραγματική ένδειξη θερμοκρασίας από ένα ΥΕ όργανο, πρέπει να αντισταθμίσουμε αρκετούς παράγοντες. Αργότερα θα αναλύσουμε πώς γίνεται αυτό σωστά. Ο όρος ‘εμφανής θερμοκρασία’ είναι δόκιμος και για άλλους τύπους οργάνων, όχι μόνο για απεικονιστές.

‘Μέτρηση’ εμφανούς θερμοκρασίας

Κάποιες φορές μας ενδιαφέρει να ποσοτικοποιήσουμε την εμφανή θερμοκρασία. Για να ‘μετρήσουμε’ την εμφανή θερμοκρασία, θέτουμε την ικανότητα εκπομπής στο 1 και την απόσταση στο 0, που σημαίνει ότι καμία προσαρμογή δεν έγινε.

Αντιστάθμιση - προσαρμογή

Για να μπορέσουμε να κάνουμε μέτρηση θερμοκρασίας (που θα καλύψουμε αργότερα), πρέπει να προσαρμόσουμε την εικόνα εμφανούς θερμοκρασίας με διάφορους τρόπους.

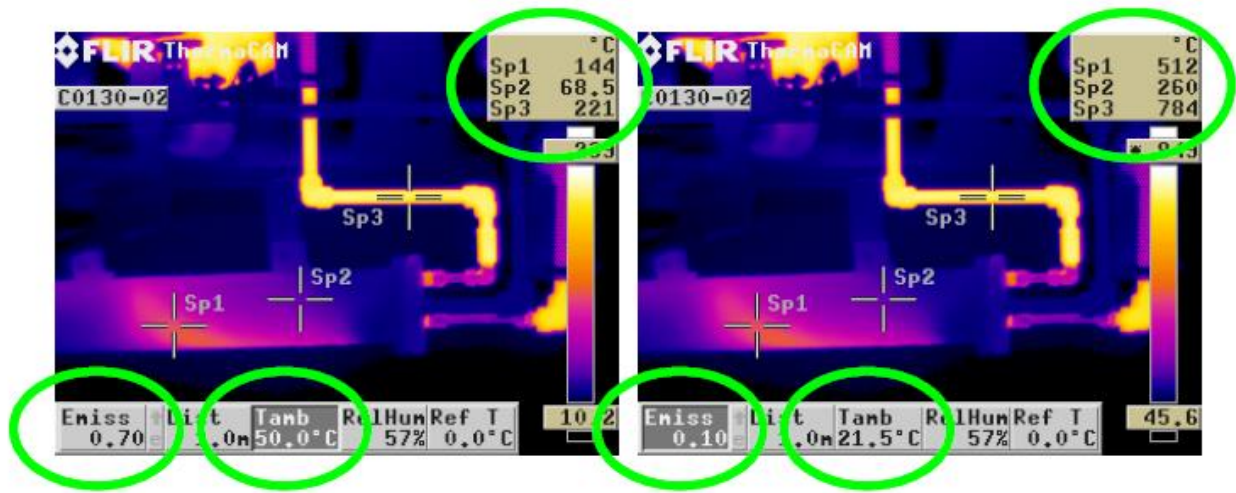
Κάνουμε την προσαρμογή θέτοντας αυτό που συνήθως ονομάζουμε παράμετρος αντικειμένου. Κάθε υπέρυθρο εργαλείο με πραγματική ικανότητα μέτρησης θα έχει μενού ή ρυθμίσεις για αυτές τις παραμέτρους παρόλο που μπορούν να διαφέρουν μεταξύ εργαλείων.

Μετάφραση της εικόνας

Όταν η προσαρμογή έχει ολοκληρωθεί, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι δεν αλλάζει αυτό που βλέπει η κάμερα! Η εικόνα που βλέπετε στο σκόπευτρο, θα παραμένει μια εικόνα εμφανούς θερμοκρασίας. Πρέπει να μάθουμε να μεταφράζουμε την εικόνα στο μυαλό μας, γιατί η κάμερα δεν το κάνει αυτό για εμάς.

Στο Σχήμα 8.5 είναι δυο εκδοχές της ίδια θερμικής εικόνας με δυο διαφορετικές ρυθμίσεις των παραμέτρων του αντικειμένου. (Καμία δεν είναι απαραίτητως σωστή!). Η διαφορά στις ρυθμίσεις θα αλλάξει δραματικά την ένδειξη της θερμοκρασίας στα τρία μετρούμενα σημεία που είναι μαρκαρισμένα στην εικόνα. Αλλά η εικόνα φαίνεται ακόμα η ίδια. Κάποιες από τις εμφανής θερμοκρασίες που βλέπουμε, θα είναι πολύ κοντά με την πραγματική θερμοκρασία και κάποιες θα απέχουν πολύ. Ένας θερμογράφος πρέπει να μάθει να ξεχωρίσει την πραγματική από τη λανθασμένη. Και αυτό είναι μια μεγάλη διαδικασία

εκμάθησης. Στα επόμενα θα προσπαθήσουμε να σας δώσουμε συμβουλές και στοιχεία για να αποφύγετε την παρερμηνεία και για να μάθετε πιο γρήγορα.

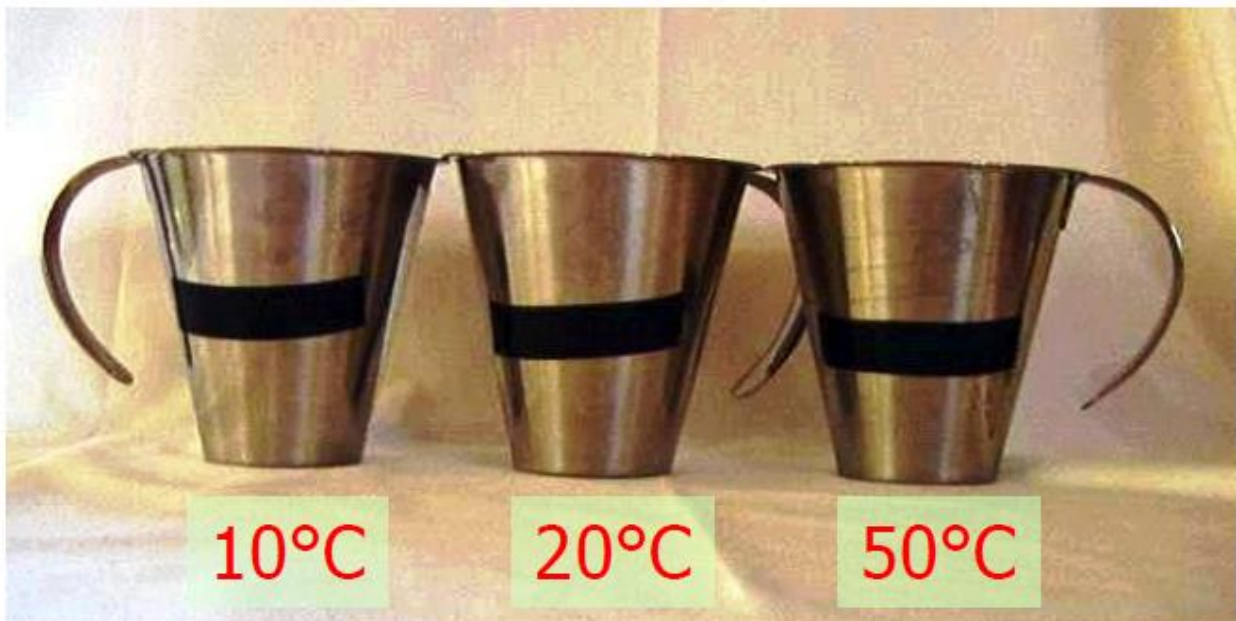


Σχήμα 8.5 Δύο διαφορετικά παραδείγματα προσαρμογής παραμέτρων της ίδια εικόνας.

Εμφανής θερμοκρασία και ικανότητα εκπομπής

Ένα σημαντικό συμπέρασμα από το προηγούμενο μέρος (ανταλλαγή ενέργειας ακτινοβολίας) είναι ότι πάντα κοιτάζουμε την ακτινοβολία από δυο διαφορετικές πηγές, από τον ίδιο το στόχο και από αντανακλάσεις από τα περιβάλλοντα. Ας δούμε πως δουλεύει αυτό.

Χρειάζεστε τρεις γυαλιστερές μεταλλικές κούπες και ηλεκτρική ταινία. Κάθε κούπα πρέπει να έχει ένα κομμάτι ταινίας. Μια κούπα πρέπει να είναι άδεια και άλλες δυο πρέπει να είναι γεμάτες με ζεστό και κρύο νερό αντίστοιχα. Η τοποθέτηση πρέπει να μοιάζει κάπως έτσι.





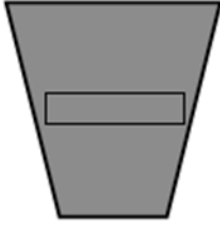
Σχήμα 8.6 Πειραματική κατάσταση

Υποθετικές συνθήκες

- Ταινία : $\epsilon = 0,95$
- Κούπα: $\epsilon = 0,10$
- Δωμάτιο: $t = 20^{\circ}\text{C}$

Θα έχουμε μια κούπα πιο κρύα, μια πιο ζεστή και μια ακριβώς στη θερμοκρασία δωματίου, όποια και αν είναι αυτή. Το ερώτημα είναι πως θα εμφανίζεται αυτό στο θερμικό απεικονιστή. Θα εμφανίζεται η υψηλότερης ικανότητας εκπομπής ταινία θερμότερη, ψυχρότερη ή στην ίδια θερμοκρασία με τη γυαλιστερή χαμηλής εκπομπής κούπα? Πρέπει να κάνετε μια ειλικρινή πρόβλεψη εδώ! Συμπληρώστε τον πίνακα παρακάτω με τις υποθέσεις σας. Μην ανησυχείτε αν προβλέψετε λάθος, πολλοί λίγοι άνθρωποι το κάνουν σωστά με την πρώτη φορά.

Βάλτε ένα σημάδι σε ένα κουτί κάθε σειράς στη στήλη που λέει πώς θα μοιάζει η ταινία σε σχέση με τη γυαλιστερή επιφάνεια.

Η ταινία θα μοιάζει με:	Θερμότερο	Ψυχρότερο	Ίδιο
Πραγματική θερμοκρασία κούπας			
50°C			
20°C(δωμάτιο)			
10°C			

Σχήμα 8.7 Το αποτέλεσμα του πειράματος δεν δίνεται σε αυτό το εγχειρίδιο...

Συνέπειες της ικανότητας εκπομπής

Όπως έχουμε δει η εκπομπή παίζει μεγάλο ρόλο στη θερμογραφία. Ο τρόπος που θα φαίνεται μια επιφάνεια εξαρτάται πολύ από την εκπομπή, όχι μόνο από τη θερμοκρασία. Σε αυτό το σημείο θα είναι καλό να συνοψίσουμε τις συνέπειες της εκπομπής:

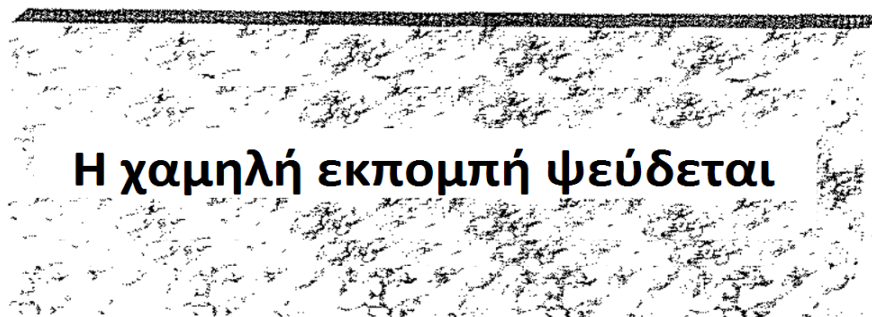
Με έναν υψηλής εκπομπής στόχο :

- Η εμφανής θερμοκρασία του στόχου θα είναι πολύ κοντά με την πραγματική θερμοκρασία του στόχου.
- Μπορείτε να εμπιστευθείτε αυτά που βλέπετε...

Με έναν χαμηλής εκπομπής στόχο:

- Η εμφανής θερμοκρασία του στόχου θα είναι πολύ κοντά με την εμφανή θερμοκρασία των αντικείμενων που περιβάλλουν το στόχο
- Δε μπορείτε να εμπιστευτείτε αυτά που βλέπετε!

Εάν χρειάζεστε έναν γενικό κανόνα για να θυμάστε μπορείτε να αρκεστείτε σε αυτό



Σχήμα 8:8 Μην ξεχνάτε!!

Φυσικά δεν είναι επιστημονικός ' Νόμος' σε καμία περίπτωση. Αλλά η χαμηλή εκπομπή είναι παραπλανητική στη θερμογραφία. Ένας χαμηλής εκπομπής στόχος πάντα θα προσπαθεί να φαίνεται σαν τα περιβάλλοντα. Αν ο στόχος είναι θερμότερος από τα περιβάλλοντα, θα φαίνεται πιο ψυχρός από αυτό που είναι και αν είναι ψυχρότερος από τα περιβάλλοντα θα φαίνεται θερμότερος από αυτό που είναι. Μπορείτε να πείτε ότι ο χαμηλής εκπομπής στόχος προσπαθεί να καμουφλάρει την πραγματική του θερμοκρασία στο θερμικό απεικονιστή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

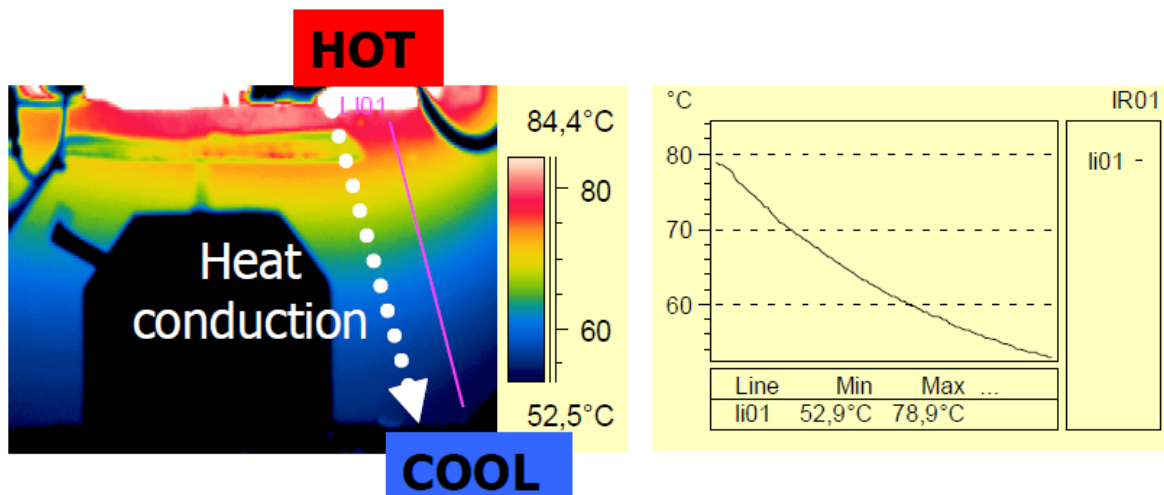
Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρεται η χρήση και οι τεχνικές ανάλυσης θερμικών σχεδίων σχέδια. Όταν χρησιμοποιούμε μία οπτική κάμερα για να αποθανάτισουμε κάτι, συνήθως είναι αρκετό να δημιουργήσουμε μία ωραία φωτογραφία. Η θερμική εικόνα είναι κάτι εντελώς διαφορετικό από την οπτική εικόνα, για αυτό είναι απαραίτητο να μάθουμε νέες μεθόδους για να τις αναλύουμε. Η ανάλυση εικόνας απαιτεί θεωρητική γνώση και πρακτική εμπειρία. Η πρακτική εμπειρία έρχεται με την εξάσκηση στο πεδίο δράσης, αλλά έχοντας και το θεωρητικό υπόβαθρο πριν την πρακτική η βελτίωση των δεξιοτήτων έρχεται πολύ πιο γρήγορα.

9.1 Θερμική κλίση

Η θερμική κλίση είναι μία βαθμιαία αλλαγή της θερμοκρασίας με τοποθεσία πάνω σε μία επιφάνεια.

Η θερμική κλίση συχνά υποδεικνύει την παρουσία αγωγίμης μεταφοράς θερμότητας. Οι περισσότεροι στόχοι μας στην θερμογραφία είναι αδιαφανή στερεά, και στα αδιαφανή στερεά η μόνη μεταφορά θερμότητας που μπορεί να συμβεί είναι η αγωγιμότητα. Για αυτό είναι πολύ σημαντικό η κατανόηση της ανάλυσης των θερμικών κλίσεων. Μία θερμική κλίση θα μας δείξει την κατεύθυνση της μεταφοράς θερμότητας, και θα μας καθοδηγήσει στην πηγή θερμότητας.

Η παρουσία ή η απουσία θερμικής κλίσης θα μας δώσει πολύ σημαντικά στοιχεία για να αναλύσουμε θερμικές εικόνες.



Σχήμα 9.1 Παράδειγμα θερμικής κλίσης σε μηχανήμα χύτευσης

Αυτό το δοκίμιο θερμαίνεται με ακτινοβολία από την κορυφή από ένα ζεστό καλούπι. Μπορούμε να δούμε πώς άγεται η θερμότητα από το μέρος που απορροφάται η ακτινοβολημένη θερμότητα μέσα στο μηχανήμα. Σε αυτή την συγκεκριμένη περίπτωση η θέρμανση του πλαισίου του μηχανήματος προκάλεσε μία άνιση θερμική διαστολή που προκάλεσε την διαρροή του καλουπιού. Η θερμική κλίση έπρεπε να μειωθεί, για να μειωθεί και η διαφορά της διαστολής.

9.2 Εργαλεία κάμερας για ενίσχυση σχεδίου

Η ανάλυση θερμικών εικόνων πολλές φορές είναι θέμα ανάλυσης θερμικών σχεδίων στην εικόνα. Τα θερμικά σχέδια μερικές φορές είναι δύσκολα να διακριθούν, και για αυτό το εργαλείο περιέχει πολλά χαρακτηριστικά που βοηθάνε στην ενίσχυση αυτών των σχεδίων. Η εκμάθηση του χειρισμού τους θα σας δώσει μία καλύτερη ικανότητα να βρίσκετε αυτό που ψάχνετε στην εικόνα.

Τα τρία πιο σημαντικά εργαλεία για ενίσχυση θερμικών σχεδίων στην κάμερά σας είναι

- Θερμική ρύθμιση
- Ισοθερμικό
- Παλέτες

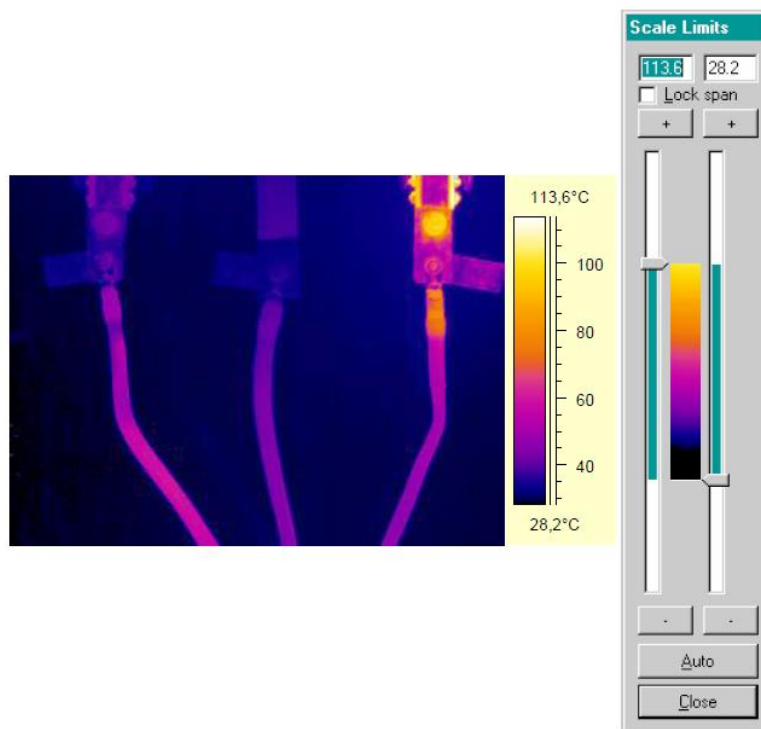
Ένα ακόμη εργαλείο που είναι μερικές φορές σχετικό

- Λειτουργία προφίλ

Θερμική ρύθμιση

Η θερμική ρύθμιση σημαίνει την προσαρμογή της κλίμακας της εικόνας στο αντικείμενο ανάλυσης, με σκοπό την εξιδανίκευση της αντίθεσης

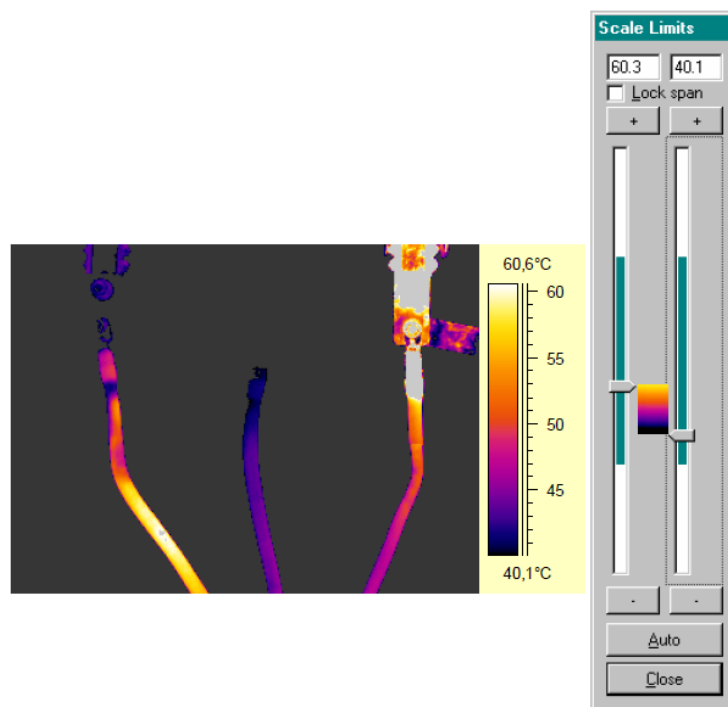
Για να κάνουμε θερμική ρύθμιση χρησιμοποιούμε τις ρυθμίσεις Επιπέδου και Ανοιγματος της κάμερας. Όταν έχουμε επιλέξει το μέρος της εικόνας που μας ενδιαφέρει, θέτουμε το Επίπεδο/Ανοιγμα έτσι ώστε τα χρώματα της μπάρας χρωμάτων να καλύψουν μόνο αυτό το μέρος της εικόνας. Τα λιγότερο ενδιαφέροντα μέρη της εικόνας επιτρέπεται να βρίσκονται εκτός κλίμακας, και συνήθως γίνονται λευκά ή μαύρα.



Σχήμα 9.2 Αυτόματα προσαρμοσμένη εικόνα. Ολόκληρη η εικόνα είναι θερμικά ρυθμισμένη

Χρησιμοποιώντας την αυτόματη ρύθμιση που έχουν πολλές κάμερες, θα έχουμε μία εικόνα όπου σχεδόν όλα τα μέρη της εικόνας καλύπτονται από τα χρώματα της κλίμακας. Κάποιες φορές οι άκρες της εικόνας είναι εκτός κλίμακας. Αν κοιτάξουμε την παραπάνω εικόνα, η ζεστή σύνδεση στην άνω δεξιά γωνία έχει τα φωτεινά χρώματα της κλίμακας, ενώ το παρασκήνιο είναι μαύρο ή σχεδόν στο μαύρο. Αυτό επιτρέπει μια όψη ολόκληρης της εικόνας, ώστε να έχουμε μία ιδέα του τι βλέπουμε. Ολόκληρο το πλαίσιο της εικόνας είναι θερμικά ρυθμισμένο.

Κοιτώντας την εικόνα γινόμαστε λίγο καχύποπτοι με το αριστερό καλώδιο. Φαίνεται λίγο θερμότερο από το μεσαίο. Ένα μεγαλύτερο φορτίο ίσως το προκάλεσε αυτό. Ή μήπως είναι κάτι άλλο? Ας ρίξουμε μία πιο προσεκτική ματιά και ας βάλουμε λίγο παραπάνω χρώμα σε αυτό το μέρος της εικόνας. Μπορεί να μοιάζει κάπως έτσι.

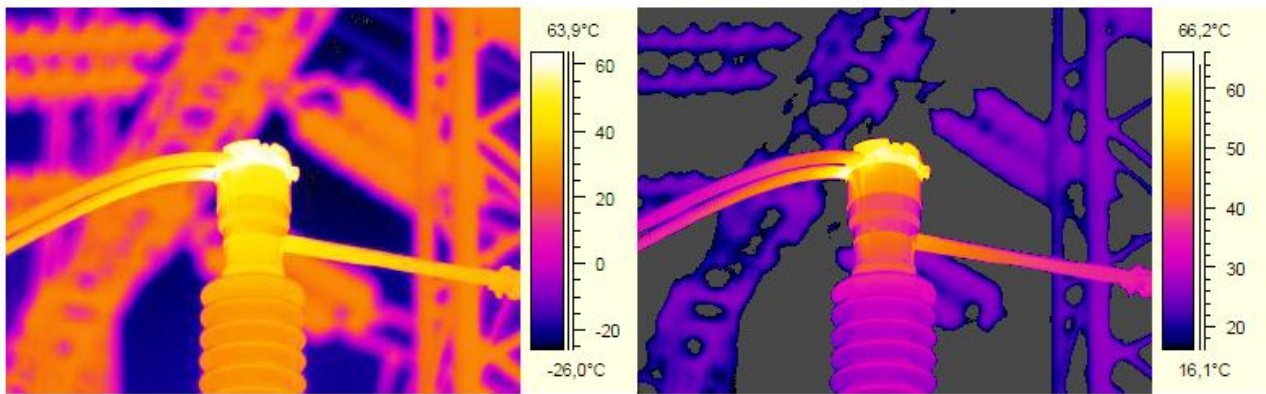


Σχήμα 9.3 Εικόνα θερμικά ρυθμισμένη στο αριστερό καλώδιο

Η κλίμακα χρωμάτων είναι τώρα συμπιεσμένη. Το παρασκήνιο είναι εντελώς μαύρο και το ζεστό σημείο στη γωνία είναι λευκό. Το αριστερό καλώδιο έχει πολύ περισσότερη αντίθεση τώρα, και μπορούμε να δούμε ότι η θέρμανση συγκεντρώνεται σε ένα μέρος στο ίδιο το καλώδιο. Αυτό υποδεικνύει ότι είναι ένα εσωτερικό πρόβλημα του καλωδίου μία αύξηση αντίστασης που προκλήθηκε ίσως από πχ σπασμένα σκέλη.

Θερμική ανάλυση-παράδειγμα

Οι παρακάτω δύο εικόνες δείχνουν έναν διακόπτη αποσύνδεσης υψηλής τάσης με ανωμαλία. Η αριστερή εικόνα είναι αυτόματα ρυθμισμένη από την κάμερα. Η κάμερα έχει κοιτάξει την εικόνα και έχει βρει ότι η χαμηλότερη θερμοκρασία είναι -26°C , και επομένως και το άνοιγμα έχει ανοίξει για να καλύπτει αυτή τη θερμοκρασία.



Σχήμα 9:4 Η ίδια εικόνα, αυτόματα προσαρμοσμένη(αριστερά) και θερμικά ρυθμισμένη στα συστατικά(δεξιά). Μία αυτόματα ρυθμισμένη εικόνα με παρασκήνιο ψυχρού ουρανού δίνει πολύ πλατύ άνοιγμα

Αυτό σημαίνει ότι η αντίθεση στο μέρος της εικόνας που πραγματικά μας ενδιαφέρει να αναλύσουμε γίνεται πολύ φτωχή. Στην δεξιά εικόνα, το άνοιγμα είναι μικρότερο, και το επίπεδο είναι ελαφρώς υψηλότερο, που δίνει καλύτερη αντίθεση. Αυτή η εικόνα είναι πιο εύκολη στην ανάλυση, επειδή το θερμικό σχέδιο είναι περισσότερο έντονο.

Η εκμάθηση της θερμικής ανάλυσης είναι σημαντική, γιατί μία αυτόματα ρυθμισμένη εικόνα δεν θα σας δείχνει πάντα αυτό που θέλετε να δείτε, και μπορεί να χάσετε προβλήματα που βρίσκονται εκεί αλλά είναι κρυμμένα.

Η θερμική ρύθμιση είναι μέρος της ανάλυσης που κάνει ένας θερμογράφος στην πράξη, προτού αποθηκεύσει την εικόνα για μελέτη. Η ανάγκη για αντίθεση μπορεί να είναι διαφορετική στην αναφορά. Όταν ολοκληρωθεί η ανάλυση πρέπει να οριστεί μια κατάλληλη θερμική ρύθμιση πριν την αποθήκευση.

9.3 Ισοθερμικό

Το ισοθερμικό αντικαθιστά συγκεκριμένα χρώματα στην κλίμακα με ένα χρώμα που κάνει αντίθεση. Σημαδεύει μια περιοχή εμφανούς θερμοκρασίας.

Πρώτα από όλα, η λέξη 'ισοθερμικό' μπορεί να είναι παραπλανητική. Η ίδια η λέξη σημαίνει ότι θα σημαδεύει μια ίση θερμοκρασία. Δεν το κάνει! Δείχνει μια περιοχή ίσης εμφανούς θερμοκρασίας. Ξέρουμε ήδη ότι τα χρώματα στην ίδια την εικόνα δεν αντιπροσωπεύουν θερμοκρασία. Το ισοθερμικό απλά αντικαθιστά αυτά τα χρώματα με ένα άλλο χρώμα, που έχει υψηλή αντίθεση σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούνται στην ίδια την εικόνα και ως εκ τούτου ούτε το ισοθερμικό αντιπροσωπεύει θερμοκρασία. Το ισοθερμικό μπορεί να μετακινείται πάνω και κάτω στην κλίμακα και να φαρδαίνει ή να στενεύει όπως απαιτείται.

Και η αντίθεση είναι πάλι το στοιχείο κλειδί. Όταν κοιτάζουμε για αδύναμα θερμικά σχέδια πρέπει να βοηθήσουμε τα μάτια μας να τα δουν.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ισοθερμικό για να ανιχνεύσουμε τη μεταφορά θερμότητας, ή για να βρούμε αν υπάρχει. Αν το ισοθερμικό είναι επίπεδο σε μια επιφάνεια ή ένα στόχο, σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθόλου ροή θερμότητας κατά μήκος αυτής της επιφάνειας ή στόχου(το οποίο δε σημαίνει ότι δεν μπορεί να υπάρξει ροή θερμότητας από αυτή, εάν είναι πιο θερμή από τα περιβάλλοντα, αλλά αυτό

είναι κάτι διαφορετικό). Ένας ηλεκτρικός αγωγός που έχει ένα ισοθερμικό στοιχείο και είναι ζεστό, μεταφέρει φορτίο. Εάν είναι πολύ ζεστός σημαίνει ότι το φορτίο είναι πολύ υψηλό και όχι ότι υπάρχει μια κακή σύνδεση.



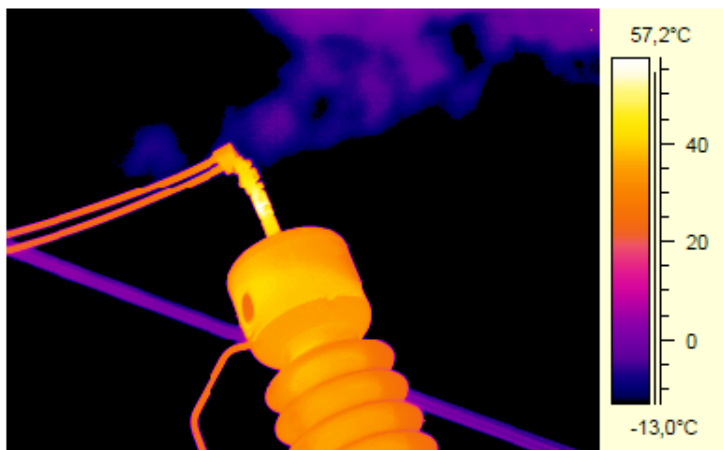
Σχήμα 9.5 Το ισοθερμικό αντικαθιστά συγκεκριμένα χρώματα με ένα χρώμα που κάνει αντίθεση.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ισοθερμικό για να βρούμε την ακριβή τοποθεσία του πιο ζεστού σημείου. Θα μας δείξει που μπορεί να υπάρχει πηγή θερμότητας πίσω από την επιφάνεια που κοιτάζουμε ή πού βρίσκεται το πιο λεπτό σημείο ενός μονωτικού αγωγίου. Το ισοθερμικό είναι μια λειτουργία με διπλό σκοπό. Σε αυτό το κεφάλαιο το χρησιμοποιούμε για να αναλύσουμε σχέδια. Στις περισσότερες κάμερες είναι ακόμα μια λειτουργία μέτρησης θερμοκρασίας αλλά αυτό θα το καλύψουμε αργότερα. Η κάμερα σας μπορεί να έχει διαθέσιμους αρκετούς διαφορετικούς τύπους ισοθερμικού. Συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο της κάμερα σας για λεπτομέρειες ή δοκιμάστε τους και δείτε ποιοι σαν κάνουν.

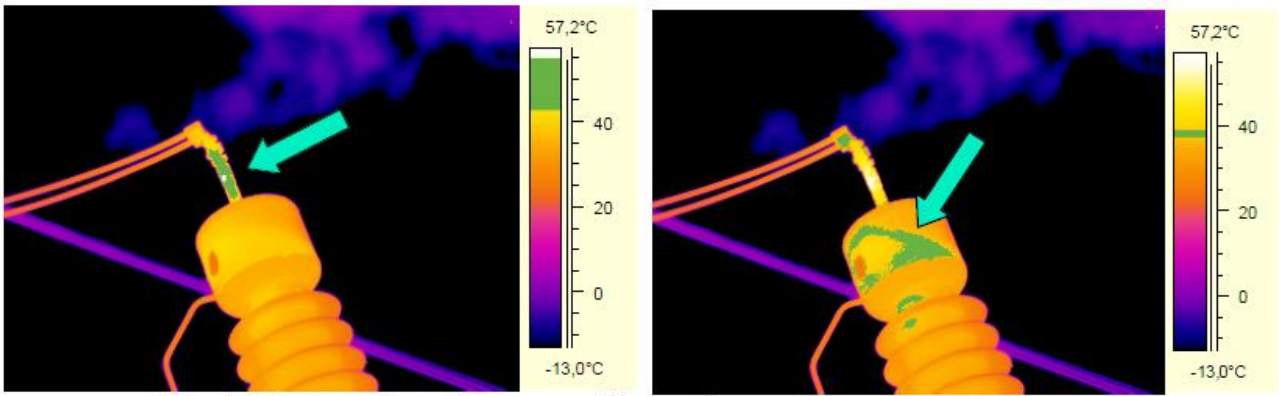
Εδώ είναι μερικά παραδείγματα χρήσης του ισοθερμικού:

Ανάλυση με ισοθερμικό – Παράδειγμα 1

Εδώ είναι μια θερμική εικόνα ενός κουζινέτου υψηλής τάσης μετασχηματιστή. Με μία πρώτη ματιά και με αυτή τη θερμική ρύθμιση, η εικόνα δε μας δείχνει και πολλά. Ας χρησιμοποιήσουμε το ισοθερμικό και ας δούμε αν εμφανίζεται κάτι.



Σχήμα 9.6 Υψηλής τάσης κουζινέτο μετασχηματιστή

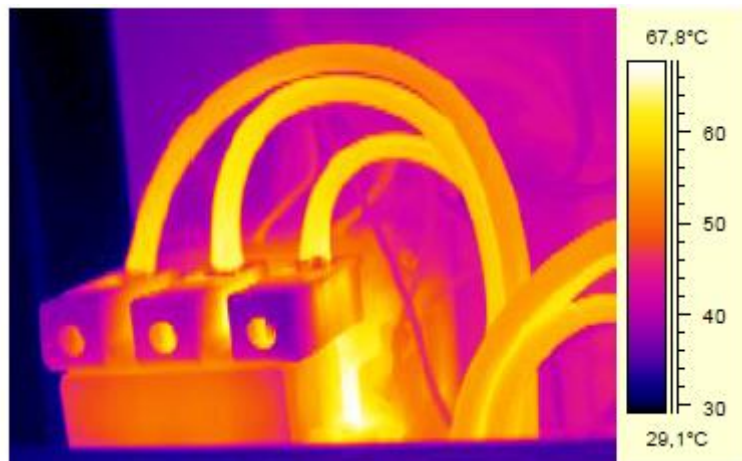


Σχήμα 9.7 Το ίδιο κουζινέτο με ισοθερμικά σε διαφορετικές τοποθεσίες

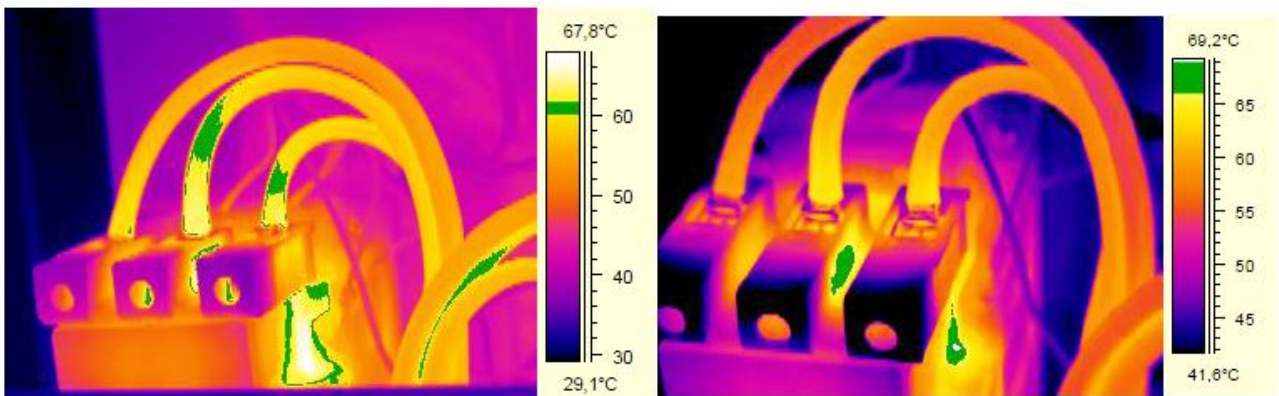
Στην αριστερή εικόνα το ισοθερμικό επικεντρώνεται σε ένα μέρος στην σύνδεση του κουζινέτου. Αυτό το μέρος παράγει θερμότητα, και μπορεί για αυτό να αποτελέσει πρόβλημα. Στην δεύτερη εικόνα, το ισοθερμικό σκιαγραφεί το επίπεδο λαδιού στο κουζινέτο.

Ανάλυση με ισοθερμικό –Παράδειγμα 2

Εδώ είναι μία εικόνα ενός ρελέ που ελέγχει έναν συμπιεστή αέρα. Ας το αναλύσουμε με το ισοθερμικό.



Σχήμα 9.8 Θερμική εικόνα ρελέ

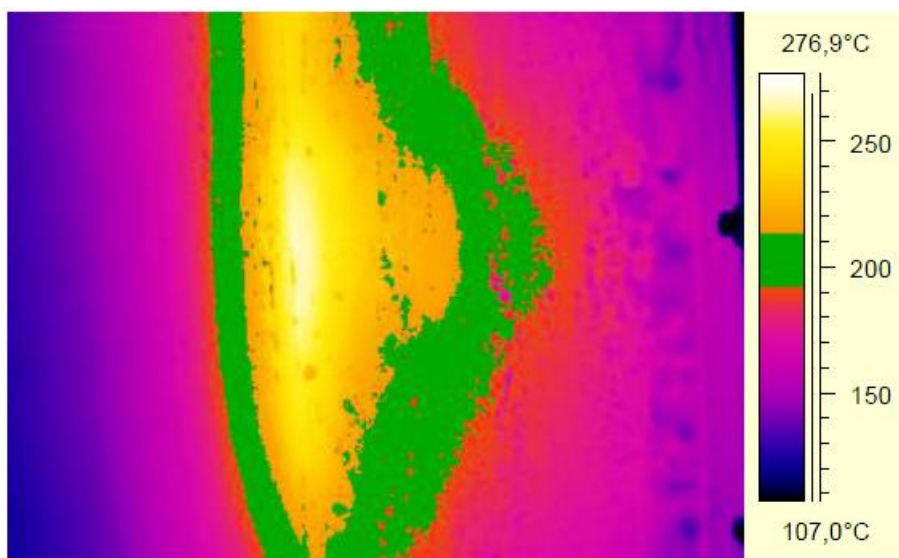


Σχήμα 9.9 Θερμικές εικόνες του ρελέ με ισοθερμικά

Η αριστερή εικόνα μας δείχνει ότι υπάρχει θερμική κλίση κατά μήκος του καλωδίου. Το καλώδιο γίνεται πιο θερμό κοντά στο ρελέ. Μπορεί αυτό να είναι ίσως σημάδι κακής σύνδεσης? Αν κοιτάξουμε την δεξιά εικόνα δεν διακρίνεται κάτι τέτοιο. Η πιο ζεστή περιοχή είναι στο εξωτερικό του σώματος του ρελέ και υπάρχει επίσης μία ζεστή περιοχή στο σώμα μεταξύ των στοιχείων σύνδεσης. Αυτό καθιστά πιθανό ότι η πηγή της θέρμανσης είναι μέσα στον ρελέ. Θα μπορούσε να είναι και άλλοι λόγοι όμως όπως κακές συνδέσεις στο εσωτερικό, ή καμένες επιφάνειες επαφής. Πρέπει να συμβουλευθούμε την αλλαγή ή έλεγχο και επιδιόρθωση του ρελέ.

Ισοθερμικά-σχέδια

Το σχήμα ενός ζεστού ή κρύου σημείου μπορεί να μας δώσει στοιχεία του τι μπορεί να κρύβεται κάτω από την επιφάνεια που παρακολουθούμε. Αν κοιτάξουμε ένα κτίριο και δούμε ένα τετράγωνο με διαφορετική θερμοκρασία που είναι στο μέγεθος ενός κομματιού μόνωσης, μπορεί λογικά να συμπεράνουμε ότι λείπει ένα κομμάτι μόνωσης.



Σχήμα 9.10 Θερμικές κλίσεις αποδομένες με ισοθερμικό

Εδώ είναι ένα παράδειγμα πώς μπορεί να φαίνεται αυτό. Η θερμική κλίση είναι πιο απότομη στα αριστερά-το ισοθερμικό είναι λεπτότερο. Στα δεξιά, η θερμοκρασία μειώνεται πιο αργά και το ζεστό σημείο σχηματίζεται έξω και προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτή η παρατήρηση μπορεί να είναι σημαντική για κάποιον με γνώση του πώς σχεδιάζεται και δουλεύει το σκεύος.

9.4 Παλέτες

Η χρωματική παλέτα της εικόνας παραχωρεί διαφορετικά χρώματα για να σηματοδοτήσουν συγκεκριμένα επίπεδα φανεράς θερμοκρασίας. Οι παλέτες μπορούν να δίνουν περισσότερη ή λιγότερη αντίθεση, αναλόγως των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε αυτές.

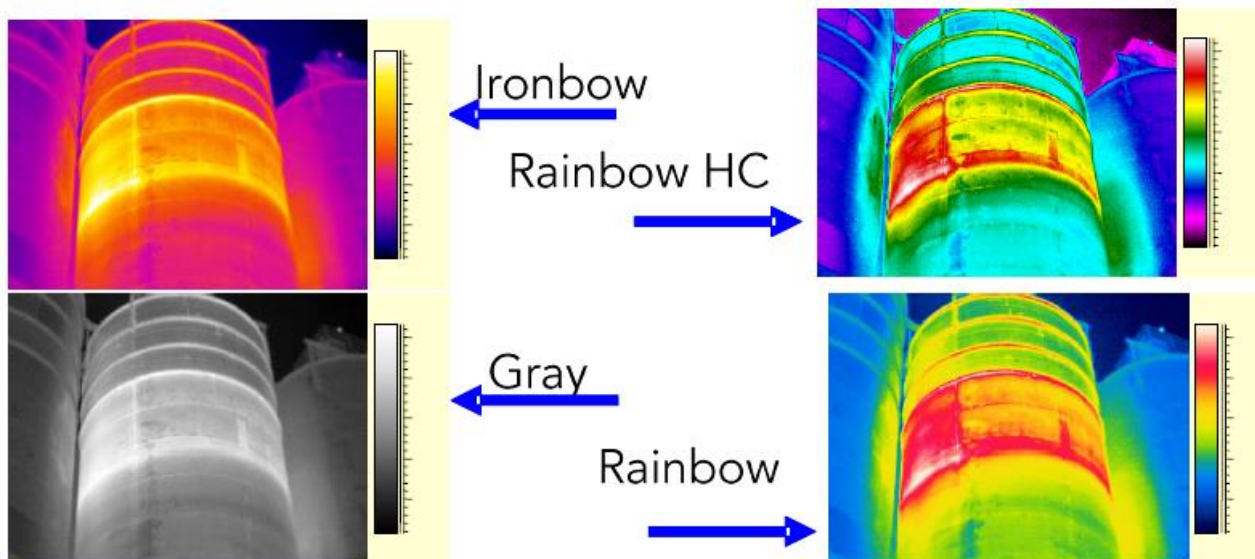
Η θερμική εικόνα μπορεί να παρουσιαστεί με μέγιστο 256 διαφορετικές αποχρώσεις χρωμάτων ή γκρι ταυτόχρονα. Σε μια συνεχόμενη κλίμακα του γκρι για παράδειγμα ξεκινάμε με μαύρο στη μια άκρη και το αφήνουμε να γίνει πιο φωτεινό για κάθε ένα από τα 256 βήματα μέχρι να καταλήξει άσπρο. Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχει πολύ μικρή αντίθεση ανάμεσα στη -για παράδειγμα- 93η και 94η απόχρωση του γκρι. Με

μία έγχρωμη εικόνα, έχουμε περισσότερη ελευθερία στη χρήση χρωμάτων με μεγαλύτερη αντίθεση. Για να δώσουμε στην εικόνα μία απαλή εμφάνιση που δεν θα ενοχλεί στη θέασή της τα χρώματα θα πρέπει να ταιριάζουν μεταξύ τους.

Μην επιλέγεται παλέτες επειδή νομίζετε ότι φαίνονται ωραίες και τις χρησιμοποιείται για πάντα και για όλες της χρήσεις. Εναλλάσσετε παλέτες κατά την ανάλυση και δείτε αν αλλάζει κάτι. Κάποιες φορές έχετε εκπληκτικά αποτελέσματα με την αλλαγή της παλέτας. Και αν μία παλέτα ήταν η καλύτερη για όλες της χρήσεις, το όργανό σας θα είχε μόνο αυτή την παλέτα...

Μεταξύ χωρών και μεταξύ βιομηχανιών, οι παλέτες που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι στις αναφορές τους διαφέρουν, λόγω κουλτούρας ή συνθηκών. Κάποιος ξεκινά να χρησιμοποιεί μία συγκεκριμένη και οι άλλοι ακολουθούν και αμέσως γίνεται 'παράδοση'. Οι άνθρωποι το συνηθίζουν και αισθάνονται άνετα με αυτό. Δεν υπάρχει τίποτα λάθος σε αυτό. Από εσάς εξαρτάται αν θέλετε να ακολουθείτε τη μάζα ή να διαφέρετε. Το κυρίως θέμα είναι ότι ο αναγνώστης που διαβάζει την αναφορά σας, αποδέχεται αυτή που χρησιμοποιείτε. Αλλά μην περιορίζετε από αυτό όταν δουλεύετε στο πεδίο! Αυτό που χρησιμοποιείτε για ανάλυση και αυτό που παρουσιάζεται στην αναφορά μπορεί να διαφέρουν εντελώς.

Παλέτες με διαφορετικής αντίθεσης επίδραση



Σχήμα 9.11 Παραδείγματα διαφορετικών παλετών

Εδώ είναι μερικά παραδείγματα παλετών. Στις περισσότερες κάμερες υπάρχουν τουλάχιστον έξι επιπλέον και μερικές ακόμα στο λογισμικό πακέτο. Μπορεί να έχουν ελαφρώς διαφορετική εμφάνιση και διαφορετικά ονόματα. Το ζητούμενο είναι, ότι δημιουργούν διαφορετική αντίθεση στην εικόνα.

Επιλογή παλέτας

Ποια θα πρέπει να χρησιμοποιήσω? Εδώ είναι ένας γενικός κανόνας:

- Χρησιμοποιήστε υψηλής αντίθεσης παλέτες σε χαμηλής αντίθεσης στόχους
- Χρησιμοποιήστε χαμηλής αντίθεσης παλέτες σε υψηλής αντίθεσης στόχους

Σε μια μεγάλη (γεωμετρικά) ομοιόμορφη επιφάνεια με μικρές θερμοκρασιακές διαφορές, μια υψηλής αντίθεσης παλέτα θα είναι κατάλληλη. Ένα παράδειγμα θα ήταν ένας τοίχος κτιρίου με απώλειες θερμότητας, ή ένα πάτωμα με διαρροές νερού. Τα σχέδια θα ήταν αχνά με επίπεδη και ομοιόμορφη επιφάνεια.

Οι ηλεκτρικές ανωμαλίες συνήθως παρουσιάζουν υψηλή αντίθεση, και αν το εξάρτημα έχει περίπλοκο σχήμα και περιβάλλεται από καλώδια και άλλα αντικείμενα, μια υψηλής αντίθεσης παλέτα θα έκανε την εικόνα δυσανάγνωστη.

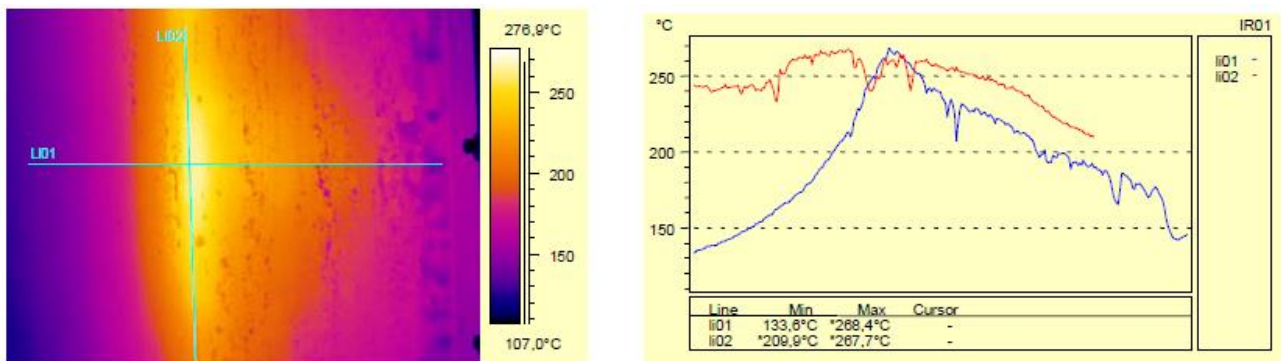
Οι άνθρωποι αντιδρούν διαφορετικά στις παλέτες. Κάποιοι νιώθουν ότι μια παλέτα μπορεί να είναι πιο διαισθητική από μια άλλη και κάποιοι το ανάποδο. Δοκιμάστε και δείτε τι δουλεύει.

Η εκτύπωση είναι ένα άλλο θέμα που συνδέεται με τις παλέτες, ειδικά όταν περιμένεις μια έγχρωμη αναφορά να εκτυπωθεί σε ασπρόμαυρο. Οι σιδηρούν τόξου παλέτα εκτυπώνει πολύ καλά σε ασπρόμαυρο. Είναι σχεδιασμένη να δίνει μια συνεχή γκρι κλίμακα αυτόματα. Οι περισσότερες άλλες χρωματικές παλέτες φαίνονται παράξενες όταν εκτυπώνονται σε γκρι.

9.5 Προφίλ

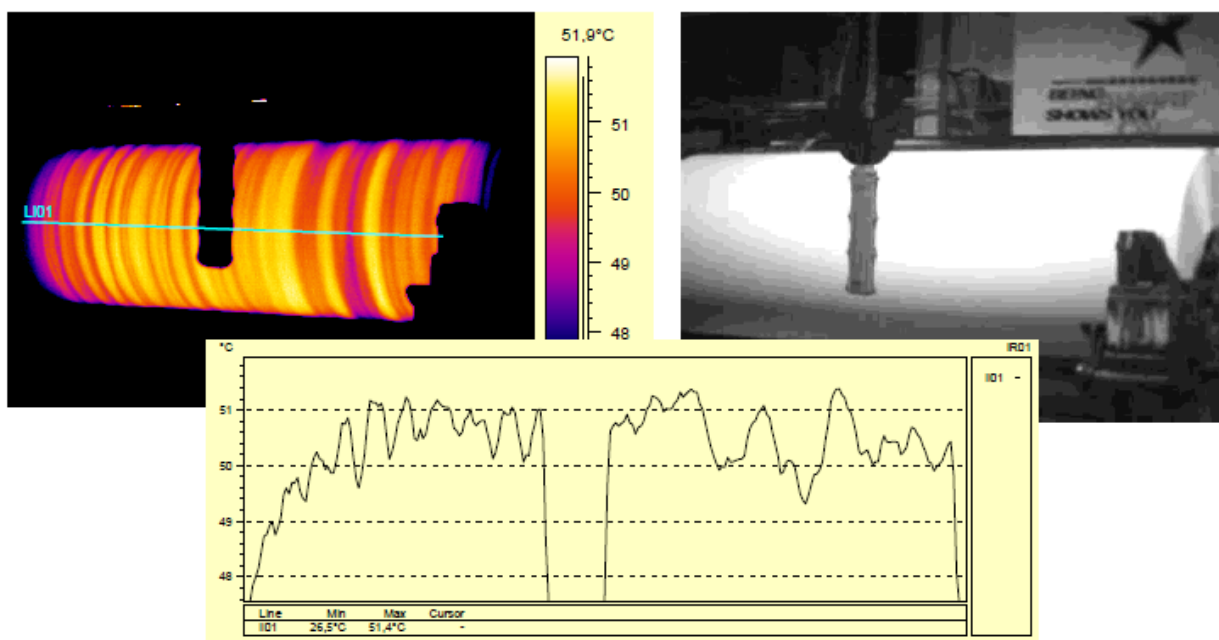
Το προφίλ περιγράφει τη θερμοκρασία κατά μήκος μιας γραμμής στην εικόνα

Η λειτουργία του προφίλ δεν είναι πολύπλοκη στην κατανόησή της. Είναι απλά ένα διάγραμμα με θερμοκρασία στον κατακόρυφο άξονα και τοποθεσία στον οριζόντιο άξονα. Είναι μια πολύ χρήσιμη λειτουργία όπου ενδείκνυται.



Σχήμα 9.12 Το προφίλ δείχνει την κατακόρυφη και οριζόντια θερμική κλίση αυτού το ζεστού σημείου

Η λειτουργία προφίλ είναι εξαιρετική σε περιπτώσεις που έχουμε θερμικό σχέδιο κατά μήκος του στόχου, όπως στα ρολά ενός μηχανήματος χαρτιού.



Σχήμα 9.13 Χρήση της λειτουργίας προφίλ στην παραγωγή χαρτιού

Σε αυτή την εικόνα, μπορούμε να δούμε τις ανωμαλίες στα ρολά του χαρτιού, όπως εξέρχεται από το μηχάνημα χαρτιού. Αυτές οι ανωμαλίες είναι μη επιθυμητές και το θερμικό σχέδιο μπορεί να βοηθήσει τους χειριστές να προσαρμόσουν την διαδικασία για να δημιουργήσουν ένα πιο ομαλό σχέδιο.

9.6 Ανάλυση εικόνας – Παραπλανητικά σχέδια

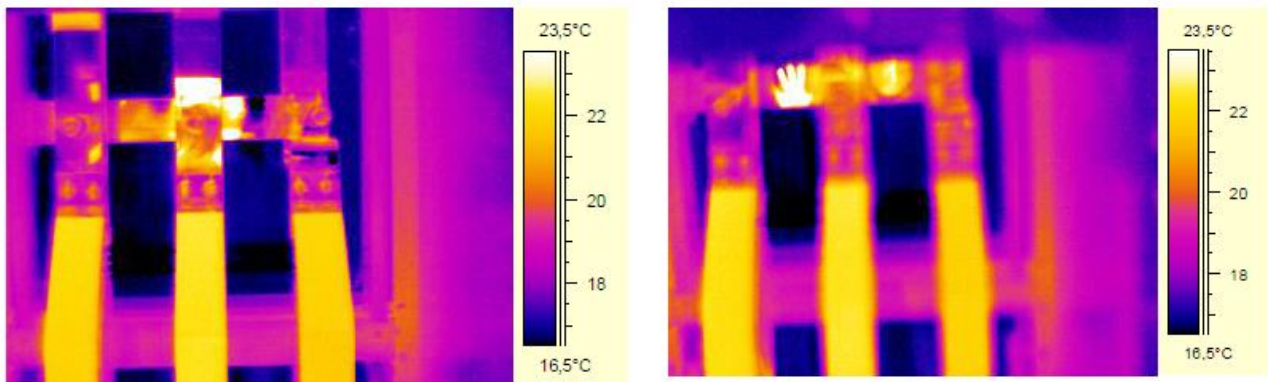
Στη θερμογραφία, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που θα προκαλέσουν σφάλματα στην ανάλυση μας. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα ασχοληθούμε με τους δύο πιο κοινούς. Θα μάθουμε να αναγνωρίζουμε και να αντιμετωπίζουμε τις:

- Αντανάκλασεις από πηγές στιγμάτων
- Διαφορές ικανότητας εκπομπής

Ας μιλήσουμε λίγο για την λέξη ‘αντανάκλαση’. Αν σταθείτε μπροστά από έναν καθρέπτη, θα δείτε μία αντανάκλαση του εαυτού σας. Εάν δεν στέκεστε μπροστά από τον καθρέπτη σημαίνει ότι ο καθρέπτης δεν αντανάκλα τίποτα? Φυσικά και όχι! Θα αντανάκλα τον τοίχο (ή οτιδήποτε) πίσω από εκεί που καθόσασταν. Ισχύει το ίδιο με τις θερμικές εικόνες και τις αντανάκλασεις. Εάν κρατήσετε κάτι ζεστό μπροστά από μια ανακλούσα επιφάνεια, θα δείτε την αντανάκλαση του αντικειμένου στην θερμική σας εικόνα. Εάν μετακινήσετε τη ζεστή πηγή επιφάνεια θα αντανάκλασει κάτι άλλο. Πάντα θα υπάρχει κάτι που αντανάκλαται στο στόχο σας!

Για να πάρουμε μία ομαλή και εύκολη στην ανάλυση εικόνα, προτιμάμε να έχουμε μία επιφάνεια με μοιόμορφη εξαγόμενη ακτινοβολία που αντανάκλα στον στόχο μας. Εάν δεν μας ενδιαφέρει αυτό, μπορούμε να έχουμε αντανάκλαση από μία πηγή σημείου. Αυτό που κοινώς ονομάζουμε ‘αντανάκλαση’ είναι για την ακρίβεια ένα σημείο με εξαγόμενη ακτινοβολία διαφορετική από αυτήν που υπάρχει στην περιοχή γύρω του.

Οι αντανakλάσεις σημείου είναι ενοχλητικές για εμάς, γιατί μοιάζουν με ανωμαλία. Ένα παράδειγμα είναι όταν ψάχνουμε να βρούμε ζεστές συνδέσεις σε ηλεκτρικά συστήματα.

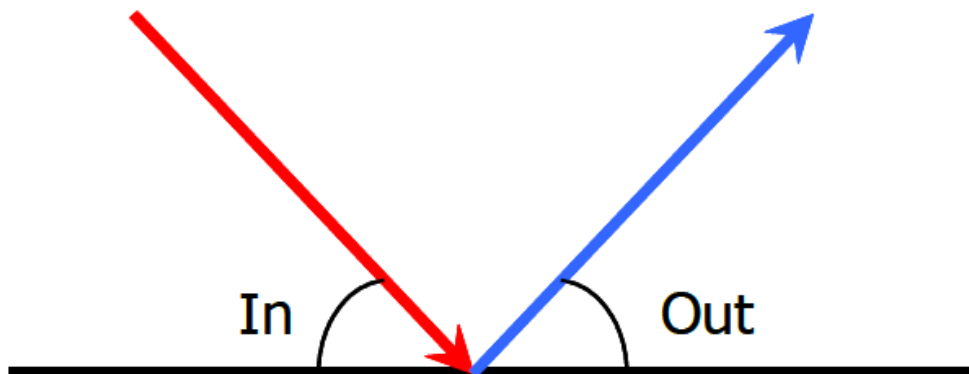


Σχήμα 9.14 Αντανakλάσεις του χειριστή (προσέξτε τα χέρια και το πρόσωπο), η δεξιά εικόνα είναι εστιασμένη σε διπλή απόσταση από το στόχο

Η αριστερή εικόνα έχει 'ζεστό σημείο' στη μεσαία μπάρα που ομοιάζει με ζεστή σύνδεση στο ανεκπαίδευτο μάτι. Στην δεξιά εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε ότι είναι μία αντανakλαση του χειριστή. Πάρθηκε υπό διαφορετική γωνία και σε διπλή εστιακή απόσταση.

Πηγές αντανakλώμενων εστιών μπορεί να είναι διάφορα πράγματα. Όχι μόνο ο ήλιος! Ο χειριστής είναι πολύ κοινή πηγή αντανakλάσεων. Σταθείτε έτσι ώστε να μην βρίσκεστε ακριβώς μπροστά από τον στόχο!

Οι εισερχόμενες και εξερχόμενες γωνίες αντανakλασης είναι πάντα οι ίδιες, όπως σε έναν καθρέπτη. Γνωρίζοντας αυτό σας βοηθά να εντοπίσετε την πηγή αντανakλασης σημείου και να την αποφύγετε.



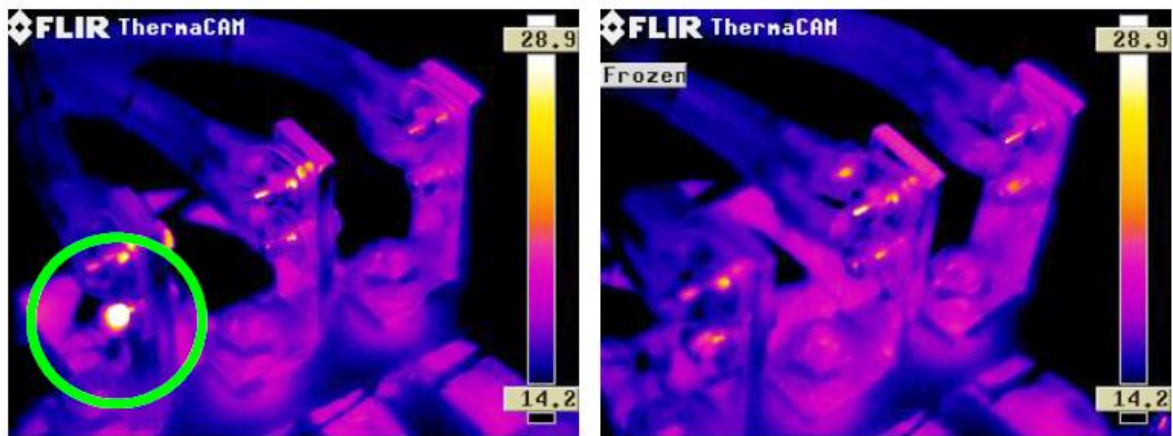
Σχήμα 9.15 Οι εισερχόμενες και εξερχόμενες γωνίες αντανakλασης είναι πάντα οι ίδιες.

Εάν η επιφάνεια είναι διάχυτη, η εξερχόμενη αντανakλαση θα είναι διασκορπισμένη, και θα αφήσει την επιφάνεια όχι σαν συγκεντρωμένη ακτίνα αλλά προς όλες τις κατευθύνσεις. Τότε το σημείο αντανakλασης θα είναι πιο αχνό.

Οι περισσότερες αντανakλάζουσες επιφάνειες μοιάζουν περισσότερο με καθρέπτη στο υπέρυθρο φάσμα απ' ό,τι στο ορατό. Αυτό σημαίνει ότι μια επιφάνεια που φαίνεται διάχυτη στο ορατό μπορεί κάλλιστα να μοιάζει με καθρέπτη στο υπέρυθρο.

Αντανάκλαση από μια πηγή σημείου.

Αν κινείται όταν κινείστε, είναι αντανάκλαση!



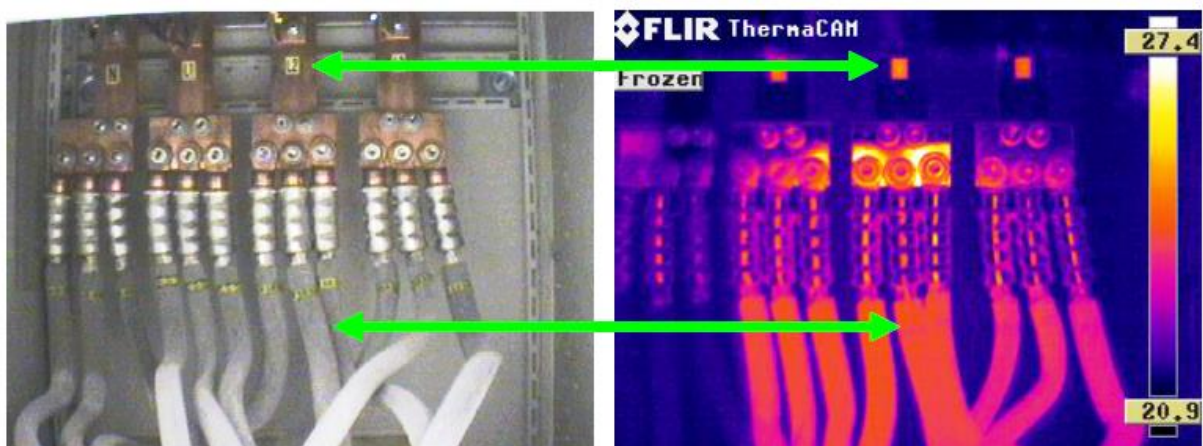
Σχήμα 9.16 Αντανάκλαση από μια πηγή σημείου, εξαφανίζεται όταν αλλάζει η γωνία.

Αν αλλάξουμε τη γωνία που βλέπουμε το στόχο και το 'ζεστό σημείο' εξαφανιστεί, ήταν μια αντανάκλαση από μια πηγή σημείου.



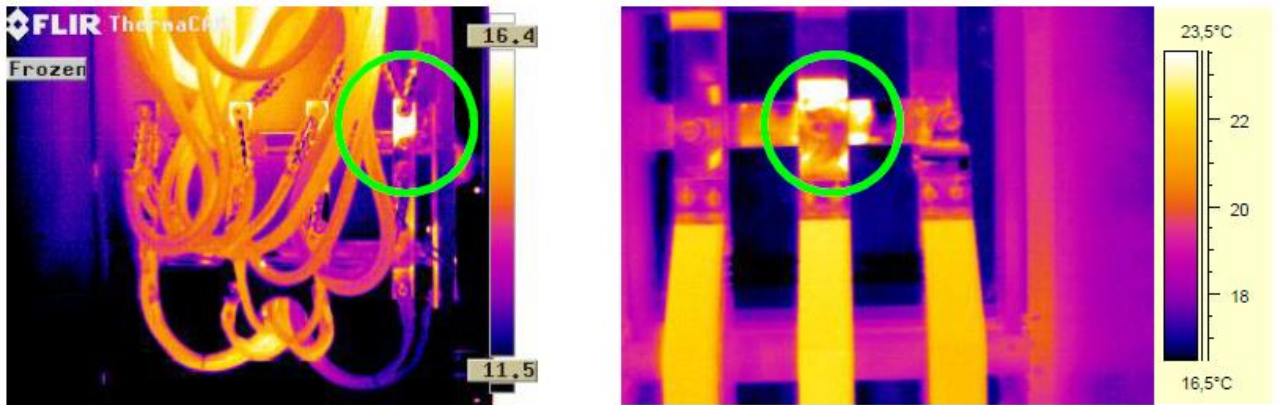
Σχήμα 9.17 Όταν η γωνία αλλάζει, η αντανάκλαση κινείται.

Σε αυτές τις δυο εικόνες, η αντανάκλαση έχει μετακινηθεί από τα αριστερά στα δεξιά, όταν η κάμερα άλλαξε γωνία λήψης.



Σχήμα 9.18 Η υψηλότερη εκπομπή δίνει μια πιο 'πραγματική' ένδειξη.

Δε θα μας εξέπλητε εάν ανακαλύπταμε ότι έχουμε περισσότερες αντανάκλασεις από χαμηλής εκπομπής επιφάνειες, φυσικά. Μάθαμε προηγουμένως ότι μια χαμηλής εκπομπής επιφάνεια θα προσπαθήσει να καμουφλάρει την πραγματική της θερμοκρασία, αντανακλώντας αυτών που την περιβάλλουν. Κοιτάζοντας στο ορατό φάσμα τον στόχο και προσπαθώντας να καθορίσουμε πού έχουμε υψηλή και χαμηλή εκπομπή, μπορούμε να διαπιστώσουμε ποιες εμφανείς θερμοκρασίες είναι πιο κοντά στην πραγματική θερμοκρασία. Σε αυτή την περίπτωση το καλώδιο και το μικρό ταμπελάκι ταινίας στη μπάρα, έχουν και τα δυο υψηλή εκπομπή και μοιράζονται παρόμοια εμφανή θερμοκρασία. Οι επιφάνειες με υψηλή εκπομπή μπορούν να διαπιστευτούν, οι υπόλοιπες μπορούν να αγνοηθούν.



Σχήμα 9.19 Η πραγματική θέρμανση συνήθως έχει ομαλό σχέδιο αλλά οι αντανάκλασεις όχι.

Εδώ είναι η απουσία της θερμικής κλίσης που αποκαλύπτει την αντανάκλαση. Ένα πραγματικό ζεστό σημείο θα έχει μια ομαλή θερμική κλίση, μια αντανάκλαση έχει συνήθως απότομο σχέδιο.

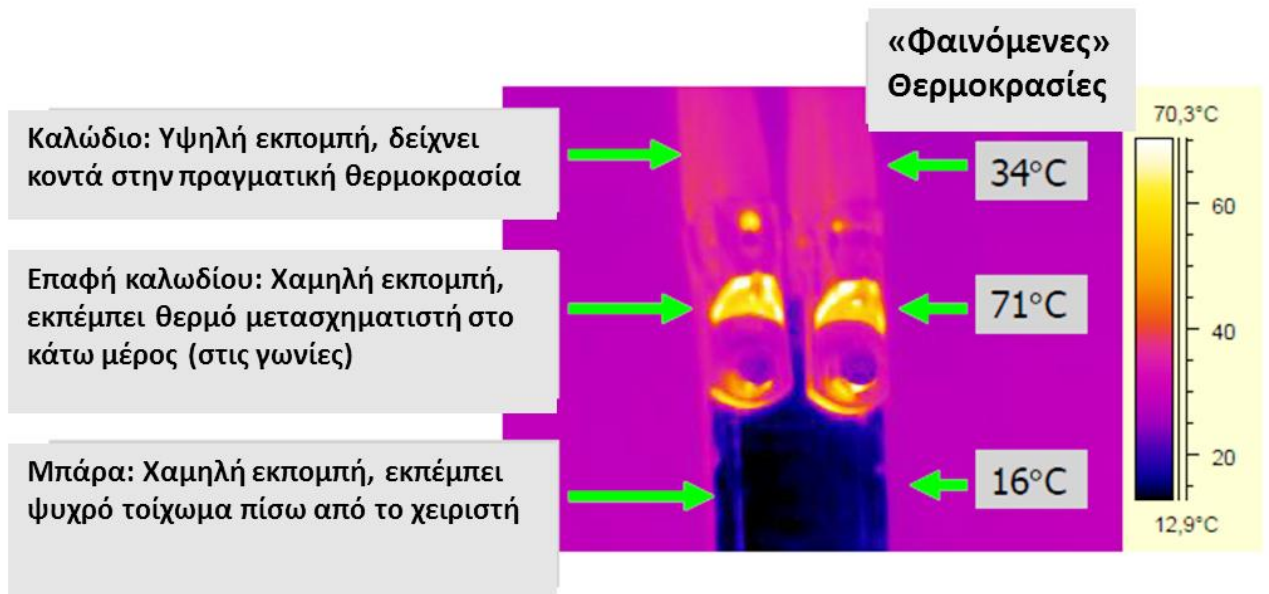
Αποφυγή αντανάκλασεων σημείων

Εδώ είναι μερικοί κανόνες για την αποκάλυψη και αποφυγή αντανάκλασεων σημείων.

- Μη στέκεστε μπροστά στο στόχο, ώστε να αποφύγετε την αντανάκλαση του εαυτού σας.
- Κινηθείτε. Εάν κινηθεί και το ζεστό σημείο, είναι αντανάκλαση.
- Χρησιμοποιείτε γωνία εισόδου = γωνία εξόδου για να προσδιορίσετε την πηγή ώστε να την αποφύγετε.
- Χρησιμοποιείτε ένα κομμάτι χαρτόνι ή κάτι παρόμοιο για να προστατευτείτε από την αντανάκλαση.
- Κοιτάξτε για θερμικές βαθμίδες. Η πραγματική θέρμανση έχει διαβαθμίσεις. Οι αντανάκλασεις δεν έχουν.
- Κοιτάξτε για μέρη του στόχου με υψηλή εκπομπή. Παρουσιάζουν λιγότερες αντανάκλασεις και μια εμφανή θερμοκρασία, πλησιέστερα στην πραγματική.

Διαφορές «φαινόμενης» θερμοκρασίας

Εδώ έχουμε μια θερμική εικόνα με ένα πλήθος διαφορών «φαινόμενης» θερμοκρασίας.

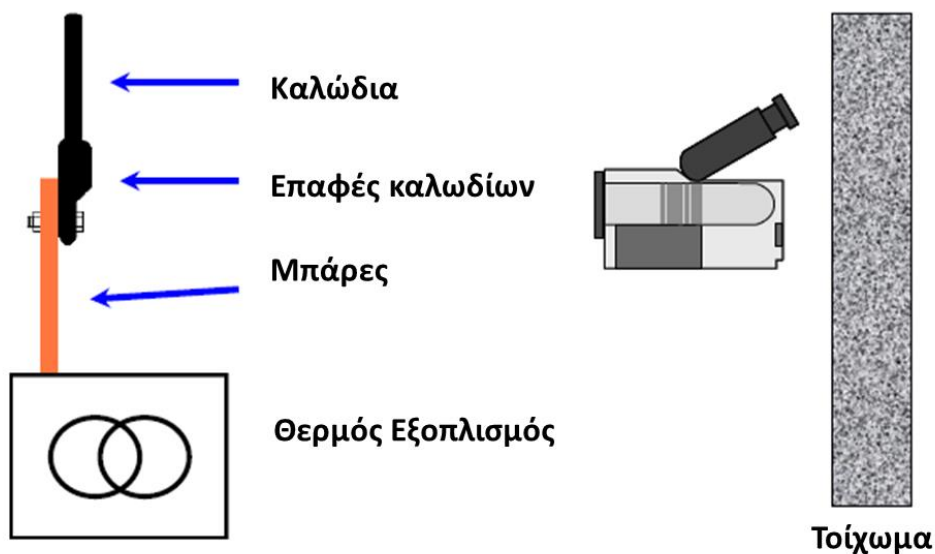


Σχήμα 9.20 Διάφορες «φαινόμενες» θερμοκρασίες.

Οι ερωτήσεις είναι:

- Γιατί η εικόνα φαίνεται έτσι?
- Γιατί έχουμε αυτές τις εμφανείς θερμοκρασίες?
- Και τι μπορούμε να εμπιστευτούμε?

Εδώ είναι μια σχηματική απεικόνιση του πώς έμοιαζε ο στόχος. Αυτή τη φορά αποφεύγουμε την αντανάκλαση του χειριστή – δεν κοιτάζουμε απευθείας το στόχο. Έχουμε καλώδια που συνδέονται σε μια μπάρα. Η μπάρα έρχεται προς τα πάνω από έναν στεγνά μονωμένο μετασχηματιστή και αυτά έχουν συνήθως υψηλή θερμοκρασία επιφάνειας. Πίσω από τον χειριστή είναι ένας δροσερός τσιμεντένιος τοίχος.



Σχήμα 9.21 Διαφορετικές πηγές αντανάκλασης και διαφορετικές εκπομπές δίνουν διαφορετικές εμφανής θερμοκρασίες

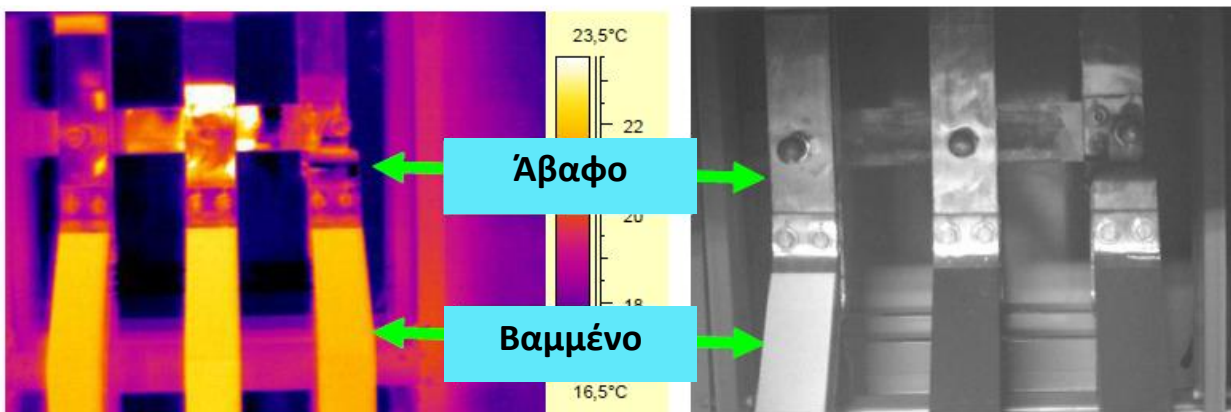
9.7 Αντανεκλάσεις από διαφορετικές πηγές

Μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα για τις εμφανείς θερμοκρασίες που διαβάζουμε. Το υψηλής εκπομπής καλώδιο, θα δείξει κοντά στην πραγματική θερμοκρασία. Το χαμηλής εκπομπής παπούτσι καλωδίου αντανεκλά το μετασχηματιστή υπό γωνία και φαίνεται ζεστό. Η μπάρα αντανεκλά τον τοίχο πίσω από το χειριστή και φαίνεται κρύα. Στην πραγματικότητα όλα θα είναι περίπου στην ίδια θερμοκρασία και κοντά στην εμφανή θερμοκρασία που διαβάζουμε από το καλώδιο.

Όλα αντανεκλούν πάντα κάτι!

Διαφορά εκπομπής – Παράδειγμα 1

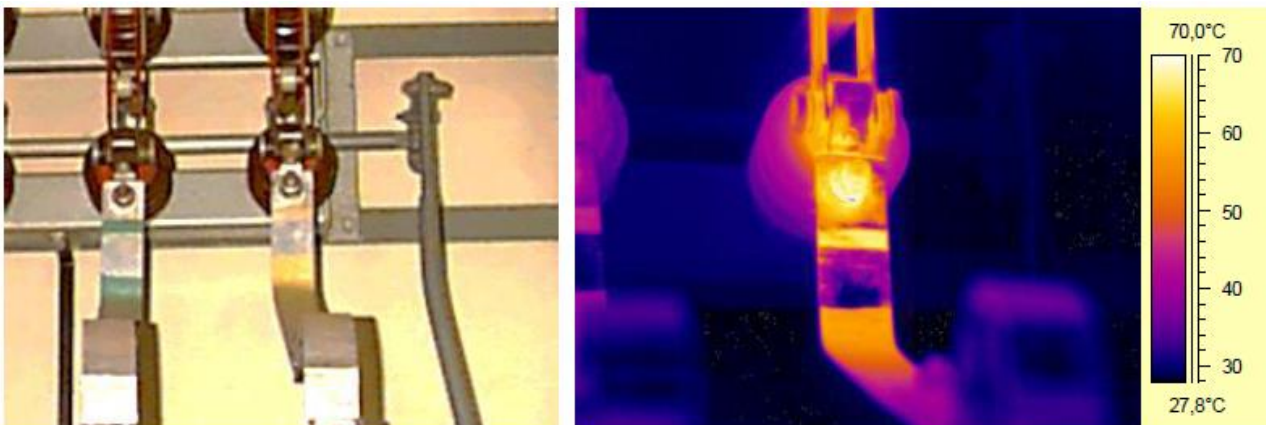
Μια απότομη αλλαγή στην εκπομπή θα δημιουργήσει απότομη αλλαγή και στο θερμικό σχέδιο, ακόμα και αν η πραγματική θερμοκρασία παραμένει ίδια.



Σχήμα 9.22 Διαφορετική εμφάνιση βαμμένου και άβαφο τμήματος της μπάρας.

Αυτή η εικόνα εξυπηρετεί πάλι σαν παράδειγμα, το βαμμένο και άβαφο τμήμα φαίνονται διαφορετικά. Η βαφή φυσικά θα δείξει μια πιο πραγματική θερμοκρασία. Δεν υπάρχει θερμική κλίση σε αυτή την εικόνα, έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν υπάρχει ανωμαλία.

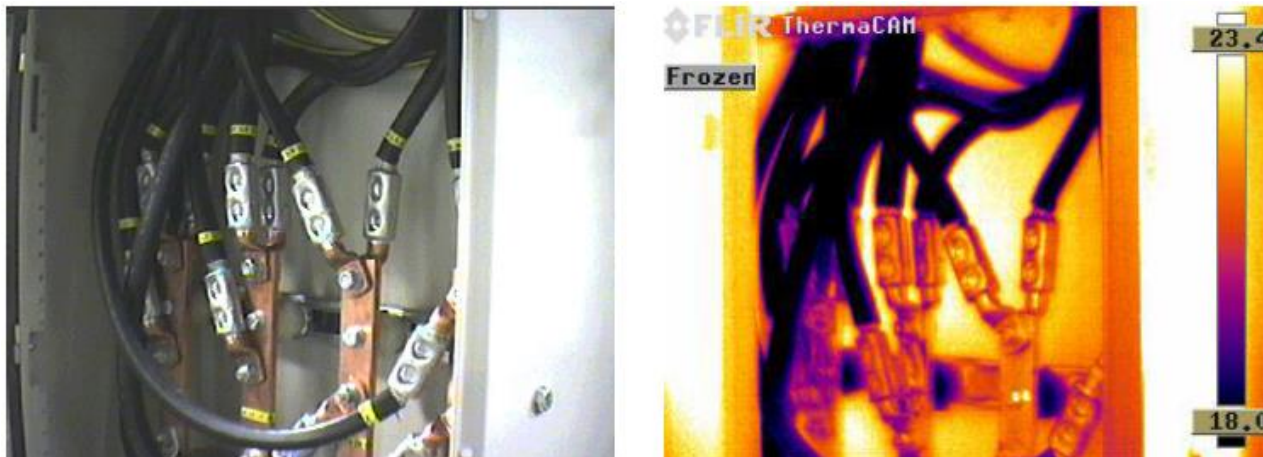
Διαφορά εκπομπής – Παράδειγμα 2



Σχήμα 9.23 Απότομη αλλαγή στο θερμικό σχέδιο εξαιτίας αλλαγής στην εκπομπή.

Σε αυτή τη θερμική εικόνα υπάρχει μια ζεστή σύνδεση. Αυτό φαίνεται από τη θερμική διαβάθμιση που εκτείνεται από τη σύνδεση προς τη μπάρα. Η θερμική διαβάθμιση διακόπτεται από διαφορές στην εκπομπή εκεί που η μπάρα είναι άβαφη.

Διαφορά εκπομπής – Παράδειγμα 3



Σχήμα 9:24 Ψυχρότερος στόχος που αντανακλά θερμότερα περιβάλλοντα.

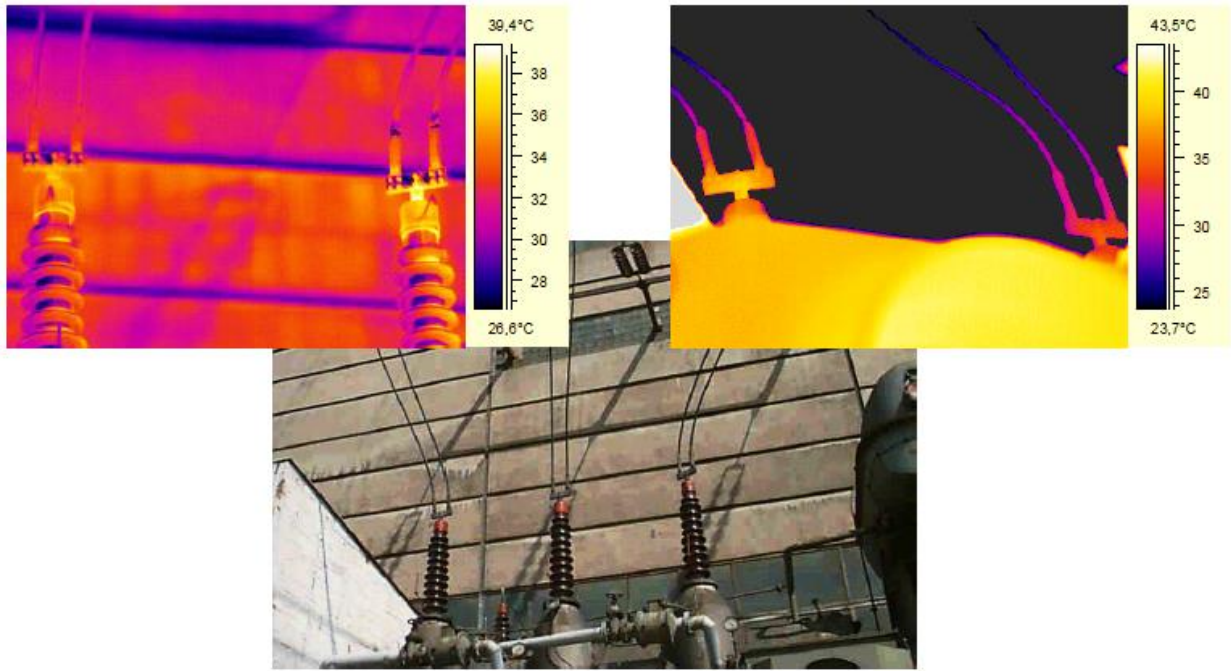
Αυτή η θερμική εικόνα φαίνεται πολύ παράξενη, αν δεν γνωρίζετε τις συνθήκες στις οποίες τραβήχτηκε. Τα καλώδια δεν είναι καθόλου φορτισμένα. Είναι σε ένα δωμάτιο με κάποιες γεννήτριες πετρελαίου που δοκιμάζονται. Η διαδικασία της δοκιμής έχει θερμάνει το δωμάτιο και το κουτί σύνδεσης που βλέπουμε στις εικόνες. Άρα τα καλώδια έχουν υψηλότερη θερμική χωρητικότητα και έχουν παραμείνει δροσερά. Τα χαμηλής εκπομπής μέρη θα αντανακλούν τα θερμότερα πλέον περιβάλλοντα.

9.8 Διάφορες αντανακλαστικές πηγές

Μέχρι τώρα ασχολούμαστε με αντανακλάσεις σημείων σε αυτό το κεφάλαιο. Οι αντανακλάσεις σημείων δημιουργούν παραπλανητικά θερμικά σχέδια.

Αλλά μερικές φορές ακόμα και μεγάλες επιφάνειες με διαφορετικά επίπεδα θερμικής ακτινοβολίας, μπορούν να προκαλέσουν παραπλανητικά σχέδια.

Μια τέτοια 'επιφάνεια' είναι ο ουρανός. Ένας καθαρός ουρανός θα έχει πολύ χαμηλή εμφανή θερμοκρασία. Ένας συννεφιασμένος ουρανός θα έχει εμφανή θερμοκρασία πλησιέστερη στη θερμοκρασία του εδάφους, αλλά και πάλι ψυχρότερη.



Σχήμα 9.25 Συνδέσεις μετασχηματιστή παρατηρούμενες από διαφορετικές θέσεις.

Από τη φωτογραφία παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι είναι μια πολύ ηλιόλουστη μέρα. Βλέπουμε τις σκιές των ηλεκτρικών συστατικών στο κτίριο της γεννήτριας από πίσω. Το αριστερό θερμοδιάγραμμα πάρθηκε από την ίδια κατεύθυνση όπως και η φωτογραφία. Τα κάθετα εγκάρσια τμήματα που συνδέουν τις δύο διπλές γραμμές τροφοδοσίας στα κουζινέτα φαίνονται αρκετά δροσερά. Αυτό είναι λόγω της αντανάκλασής τους από τον ψυχρό ουρανό. Η εικόνα είναι αρκετά δύσκολη για ανάλυση. Το δεξιό θερμοδιάγραμμα τραβήχτηκε από ένα μέρος ανάμεσα από τον μετασχηματιστή και το κτίριο της γεννήτριας. Μέσα σε αυτό ο τοίχος του κτιρίου αντανακλά αντί για τον ουρανό. Τα σχέδια φαίνονται πολύ πιο απαλά και τώρα είναι πολύ πιο εύκολο να αναλυθεί η εικόνα. Υπάρχει μία αμελητέα θερμική ανωμαλία στην αριστερή σύνδεση, που είναι η δεξιά σύνδεση στις άλλες δύο εικόνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ

Η ανάλυση μιας εικόνας θερμογραφίας έχει δύο διαφορετικές αρχές. Αυτό που κάνει τη θερμογραφία ένα πραγματικά μοναδικό και χρήσιμο εργαλείο είναι κυρίως η εικόνα. Το γεγονός ότι μπορούμε να δούμε σχέδια και να προσδιορίσουμε την τοποθεσία μιας ανωμαλίας είναι πολύ σημαντικό. Μια απλή ανάγνωση θερμοκρασίας από μόνη της δεν μας δίνει τόσες πληροφορίες. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα συζητήσουμε πότε και γιατί μια μέτρηση θερμοκρασίας μπορεί να χρειαστεί και πως μπορεί να φανεί χρήσιμη.

10.1 Ποιοτική Θερμογραφία

Η ποιοτική θερμογραφία βασίζεται στην ανάλυση θερμικών σχεδίων για την αποκάλυψη της ύπαρξης και τοποθεσίας ανωμαλιών, και την αξιολόγησή τους.

Με την ποιοτική θερμογραφία, χρησιμοποιούμε την εικόνα για να εντοπίσουμε και να αξιολογήσουμε πιθανά προβλήματα. Εάν δεν τα εντοπίσουμε, δεν έχουμε κάνει τη δουλειά μας, οπότε αυτό είναι πολύ σημαντικό. Αυτός είναι και ο λόγος που επιμένουμε τόσο πολύ σε αυτό το εγχειρίδιο στην κατανόηση της αξιολόγησης των εικόνων.

Κάνουμε ποιοτική ανάλυση όλη την ώρα. Οτιδήποτε βλέπουμε είναι ποιοτικά αναλυμένο, έστω και για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου. Εάν κάτι είναι ξεκάθαρα κανονικό απλά προχωράμε. Εάν κάτι είναι ύποπτο αναλύουμε πιο προσεκτικά. Μερικές φορές, αλλά όχι πάντα, προχωράμε σε ποσοτική ανάλυση.

10.2 Ποσοτική Θερμογραφία

Η ποσοτική θερμογραφία χρησιμοποιεί την μέτρηση θερμοκρασίας σαν κριτήριο για να καθορίσει την σοβαρότητα μιας ανωμαλίας με σκοπό να δημιουργήσει προτεραιότητες επιδιόρθωσης.

Όταν εντοπίζεται μια ανωμαλία θα θέλαμε να γνωρίζουμε πόσο σοβαρή είναι. Συνήθως δεν έχουμε αρκετούς πόρους για την άμεση αντιμετώπιση κάθε προβλήματος που έχουμε εντοπίσει. Εάν ήταν αυτό το θέμα η ποιοτική θερμογραφία από μόνη της θα επαρκούσε, και η καταμέτρηση θερμοκρασίας θα ήταν περιττή.

Θέλουμε να ταξινομούμε τα προβλήματα ώστε να τα αντιμετωπίζουμε με σειρά προτεραιότητας ως προς την διαδικασία παραγωγής και της ασφάλειας των ανθρώπων και του εξοπλισμού. Πρέπει να σημειώσουμε, για την αποφυγή παρεξηγήσεων, ότι επειδή κάτι δεν είναι στην κορυφή της λίστας δεν σημαίνει ότι μπορεί να αγνοηθεί!

Η ποσοτική θερμογραφία παρέχει διάφορα αυστηρά κριτήρια για τον καθορισμό της σοβαρότητας ενός προβλήματος. Άλλα κριτήρια περιλαμβάνουν: φορτίο, εξοπλισμό, κρισιμότητα, ασφάλεια και περιβαλλοντολογικούς παράγοντες όπως ταχύτητα ανέμου.

10.3 Σύγκριση ποιοτικής και ποσοτικής

Εδώ είναι μια γρήγορη σύγκριση χαρακτηριστικών των δύο αρχών.

Ποιοτική

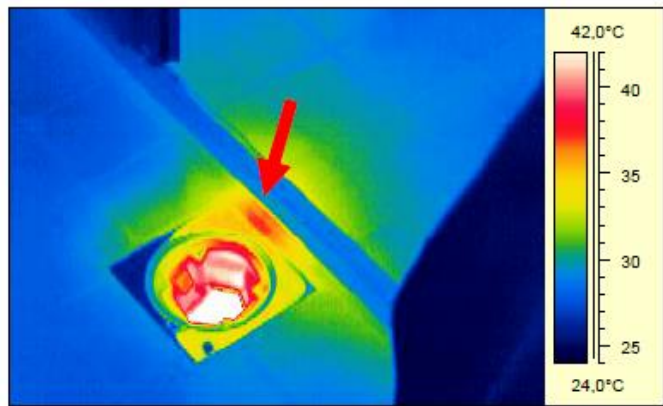
- Ανάλυση ΣΧΕΔΙΩΝ στην εικόνα.
- Εύρεση ΕΑΝ υπάρχει ανωμαλία.
- Εύρεση ΠΟΥ εντοπίζεται.
- Εμφανής θερμοκρασία μόνο.
- Συνήθως γίνεται πρώτη.

Ποσοτική

Χρησιμοποιείτε για την βοήθεια ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ σοβαρότητας της ανωμαλίας.
Περιλαμβάνει μέτρηση θερμοκρασίας.
Γίνεται προσαρμογή.
Δεν είναι και τόσο σχετική.

Παρακάτω θα δείξουμε μερικά παραδείγματα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης.

Παράδειγμα 1: Ποσοτική



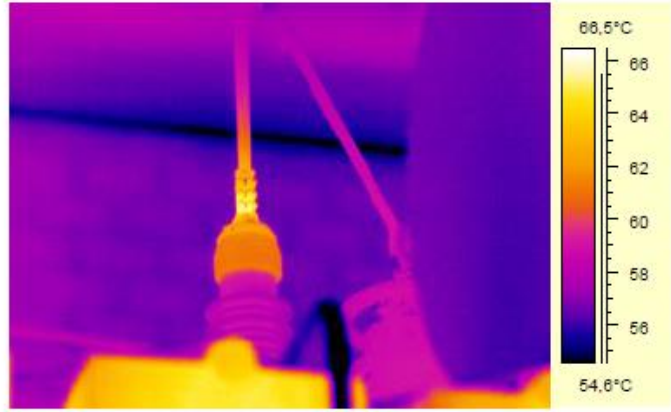
Σχήμα 10.1 Πάτωμα τουαλέτας με υποψία διαρροής νερού

Στην πρώτη περίπτωση παρακολουθούμε ένα πάτωμα μπάνιου. Θέλουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα: ΥΠΑΡΧΕΙ διαρροή στο πάτωμα του μπάνιου? Και αν υπάρχει ΠΟΥ είναι? Αναλύουμε το σχέδιο και βλέπουμε ότι είναι ύποπτο. Αυτό είναι σχετικό η θερμοκρασία της διαρροής νερού όμως δεν είναι σχετική! Τα πραγματικά επίπεδα θερμοκρασίας της διαρροής νερού δεν είναι τόσο ενδιαφέροντα, γιατί δεν παίρνουμε πληροφορίες για να κατατάξουμε το πρόβλημα.

Σε αυτό το παράδειγμα, μόνο η ποιοτική ανάλυση είναι σχετική.

Παράδειγμα 2: Ποιοτική

Στην δεύτερη περίπτωση, και η ποιοτική και η ποσοτική θα αποδειχθούν σχετικές. Οι πρώτες ερωτήσεις είναι : ΥΠΑΡΧΕΙ ζεστή σύνδεση στο μετασχηματιστή? Αν υπάρχει ΠΟΥ είναι?



Σχήμα 10.2 Σύνδεση μετασχηματιστή με ύποπτο θερμικό σχέδιο

Το σχέδιο που βλέπουμε στην σύνδεση είναι σχετική. Η σύνδεση είναι ζεστή και έχει θερμική κλίση κατά μήκος του αγωγού. Αυτό το σχέδιο από μόνο του είναι ύποπτο.

Παράδειγμα 3: Ποιοτική

Για να αναλύσουμε περαιτέρω το πρόβλημα, το συγκρίνουμε με την διπλανή φάση.

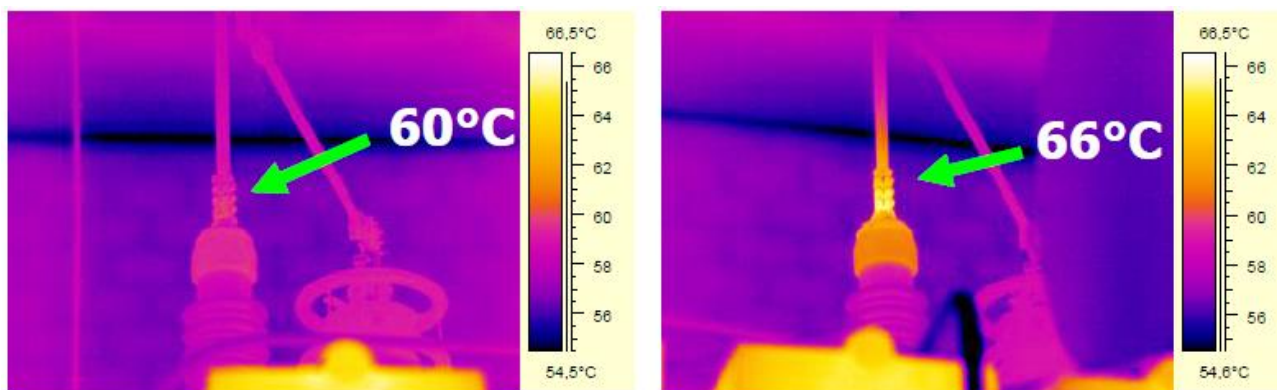


Σχήμα 10.3 Σύγκριση κανονικά συστατικά

Βλέπουμε ότι τα σχέδια είναι εντελώς διαφορετικά στις δύο συνδέσεις, που διαπιστώνει την υποψία μας περαιτέρω. Η δροσερή σύνδεση δεν έχει ύποπτο σχέδιο, και συμπεραίνουμε ότι είναι κανονική. Το φορτίο σε αυτή την περίπτωση είναι κοντά στο 100%.

Παράδειγμα 4: Ποσοτική

Ακόμα θέλουμε να απαντήσουμε στην ερώτηση: Πόσο άσχημα είναι? Πότε χρειάζεται επισκευή? Εκεί έρχεται η ποσοτική ανάλυση. Οι θερμοκρασίες της ζεστής σύνδεσης συγκρινόμενες με την υποτιθέμενη 'κανονική', σχετίζονται!



Σχήμα 10.4 θερμοκρασίες μετρημένες και στις δύο συνδέσεις.

Κάνουμε μετρήσεις θερμοκρασίας και στις δύο συνδέσεις, αλλά μετά πως αποφασίζουμε?

10.4 Εσφαλμένα κριτήρια ταξινόμησης

Χρησιμοποιώντας εσφαλμένα κριτήρια ταξινόμησης μας προσφέρεται μια συστηματική προσέγγιση στις προτεραιότητες επιδιόρθωσης. Αν ταξινομήσουμε τις ανωμαλίες που βρίσκουμε, μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τις σοβαρότερες πρώτα.

Όποτε χρησιμοποιείται κριτήρια ταξινόμησης σε μία αναφορά τα κριτήρια πρέπει να παρατίθενται και να επεξηγούνται στο γενικό τμήμα της αναφοράς ώστε ο χρήστης της αναφοράς να μπορεί να παραπέμψει σε αυτά.

Πολλά κριτήρια ταξινόμησης εκδίδονται από διάφορους οργανισμούς. Τα κριτήρια διαφέρουν από βιομηχανία σε βιομηχανία, χώρα σε χώρα, και τύπο συστατικών (ηλεκτρικό, μηχανικό κτλ). Κάποια είναι έγγραφα με πνευματικά δικαιώματα που πρέπει να αγοραστούν.

Αν νιώθετε ικανοί, μπορείτε να δημιουργήσετε τα δικά σας κριτήρια για την εταιρία σας. Τα κριτήρια πρέπει να ταιριάζουν με τους πόρους που έχετε για την επιδιόρθωση των προβλημάτων. Πρέπει να δημιουργούν μια λογική κατανομή ανωμαλιών που βρίσκετε ανάμεσα στις κατηγορίες που ορίζεται. Δεν είναι πολύ χρήσιμο πχ αν όλα τα προβλήματα εμπίπτουν στην επείγουσα κατηγορία.

Προτού μπορέσετε να ταξινομήσετε την ανωμαλία, μια διόρθωση στο φορτίο, άνεμο, έμμεση ή άμεση μέτρηση, ίσως είναι υποχρεωτική. Αυτές οι διαδικασίες είναι συγκεκριμένες για εφαρμογές και δεν καλύπτονται σε αυτό το εγχειρίδιο.

Δύο πράγματα πρέπει να εκπληρώνουν τα καλά κριτήρια ταξινόμησης.

- Πρέπει να είναι διαχειρίσιμα πχ περιγραφή της δράσης που χρειάζεται σε συγκεκριμένες συνθήκες.
- Πρέπει να περιγράφουν υπό ποιες συνθήκες και για ποιο εξοπλισμό είναι έγκυρα

Στο τμήμα παραπομπών σε αυτό το εγχειρίδιο, θα βρείτε παραδείγματα από διάφορες πηγές. Μπορεί να διαφέρουν με την έκδοση του εγχειριδίου που έχετε.

Δέλτα Τα (ΔΤ)

Το Δέλτα Τ είναι μια διαφορά μέτρησης θερμοκρασίας μεταξύ της κανονικής θερμοκρασίας του στοιχείου με την ανωμαλία, και κάποιας αναφοράς θερμοκρασίας. Η μέτρηση Δέλτα Τ χρησιμοποιείται για να καθορίσουμε πόσο έχει αλλάξει η ανωμαλία σε σχέση με το 'κανονικό'. Αυτό το ονομάζουμε συγκρίσιμη ποσοτική μέτρηση.




Πρέπει να γίνει μια αναφορά για το τι εννοούμε 'κανονικό'. Κάποιες φορές το παίρνουμε από τα χαρακτηριστικά των κατασκευαστών ή από ιστορικά δεδομένα. Στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό η σημείωση είναι συχνά το αντίστοιχο συστατικό σε μια άλλη φάση, με την προϋπόθεση ότι το φορτίο παραμένει το ίδιο. Η υπόθεση που γίνεται είναι ότι το σχετικό στοιχείο έχει τη θερμοκρασία που θα είχε το προβληματικό στοιχείο εάν ήταν εντάξει.

Παράδειγμα κριτηρίου ταξινόμησης

Αυτό το παράδειγμα κριτηρίου καθορίζει τρεις τύπους ανωμαλιών. Για δύο από αυτούς η υποψία μας είναι αρχικά ισχυρή για να μας κινήσει την προσοχή είτε για επιδιόρθωση είτε για κάποιου είδους έρευνα είτε για κάποια προσωρινή αντιμετώπιση. Η τρίτη ανωμαλία είναι μια υποψία λιγότερο δυνατή και για αυτό αποφασίζουμε να επιστρέψουμε και να επανελέγξουμε για να δούμε αν η ύποπτη ανωμαλία έχει αναπτυχθεί σε κάτι πιο σοβαρό.

Δεν κουβεντιάζουμε για κανέναν εξωτερικό παράγοντα ή ρεαλιστική σκέψη για αυτή την απλή συζήτηση. Τα στοιχεία μετρούνται και συγκρίνονται χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο που αναπτύχθηκε σε μια περίοδο μελέτης 'κανονικών λειτουργικών θερμοκρασιών' ή ενός συστατικού κάτω από ίδιες συνθήκες που παρουσιάζει ένα 'κανονικό σχέδιο'.

Ρεαλιστικά μιλώντας, σε πολλές περιπτώσεις ένα συγκεκριμένο σύνολο κριτηρίων ταξινόμησης πρέπει να εξελιχθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή ή μια συγκεκριμένη εταιρία, σύμφωνα με τις ανάγκες αξιοπιστίας τους ή ακόμα και ένα συγκεκριμένο μηχάνημα ή εξοπλισμός. Κανένα παγκόσμιο σύνολο κριτηρίων δε μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει.

	Κλάση "Α" – Μια πολύ σοβαρή ανωμαλία, η οποία χρήζει άμεσης προσοχής Π.χ.: Απόλυτη θερμοκρασία άνω των 80°C ή ΔΤ άνω των 30K
	Κλάση "Β" – Μια σοβαρή ανωμαλία, η οποία χρήζει προσοχής το συντομότερο δυνατόν Π.χ.: ΔΤ μεταξύ 5-30K
	Κλάση "C" – Μια ανωμαλία, η οποία χρήζει παρακολούθησης και ελέγχου στο νωρίτερα βολικό χρόνο Π.χ.: ΔΤ μέχρι 5K

Σχήμα 10.5 Παράδειγμα εσφαλμένων κριτηρίων ταξινόμησης

Αυτά τα κριτήρια υποτίθεται ότι είναι έγκυρα για γυμνά μεταλλικά στοιχεία σε εξωτερικούς ηλεκτρικούς υποσταθμούς υψηλής τάσης ή για άλλες καλά αεριζόμενες περιοχές.

Παρακαλώ ανατρέξτε στο κεφάλαιο 13 για μια πιο αναλυτική συζήτηση επί του θέματος.

Η σύγκριση είναι αναγκαία

Πάντα πρέπει να συγκρίνουμε με κάτι! σε πολλές περιπτώσεις κάνουμε συγκρίσεις χωρίς να το σκεφτούμε πολύ. Στην ηλεκτρική θερμογραφία μπορεί να συγκρίνουμε φάσεις μεταξύ τους, μια ζεστή σύνδεση με το καλώδιο απομακρυσμένο ή την εισερχόμενη γραμμή με την εξερχόμενη.

Σε εφαρμογές μόνωσης (κτίρια, πυρίμαχα) οι τοίχοι πρέπει να είναι ίδιοι ή τουλάχιστον να έχουν ένα αναμενόμενο σχέδιο. Αν ένα συγκεκριμένο σημείο διαχωρίζεται από το κανονικό σχέδιο, ανησυχούμε.

Κάποιες φορές μπορεί να στεκόμαστε και να αναρωτιόμαστε τι συμβαίνει. Είναι το στοιχείο κανονικό ή έχει ανωμαλία? Χωρίς τίποτα χειροπιαστό να συγκρίνουμε και χωρίς πείρα με τον τύπο του στοιχείου είναι δύσκολο να πούμε.

Ανάγκη για αρχικά δεδομένα

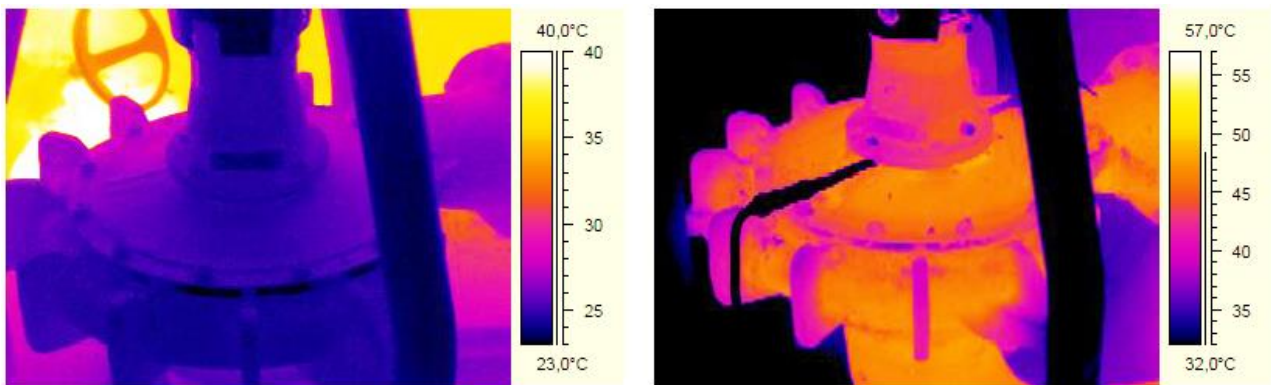
Εδώ είναι ένα παράδειγμα όπου μπορούμε να εφαρμόσουμε αυτόν τον τρόπο λογικής.

Αυτό το ρουλεμάν της αντλίας φαίνεται ύποπτο. Έχει θερμική κλίση πάνω του και μια θερμοκρασία 57°C. Αλλά είναι αυτό όντως κακό? Η ποσοτική μέτρηση χρειάζεται να συγκριθεί με κάτι. Το σχέδιο πιθανώς να είναι κανονικό, εάν το υγρό που αντλείται ψύχει το περίβλημα του ρουλεμάν καλύτερα, στο πιο χαμηλό σημείο.



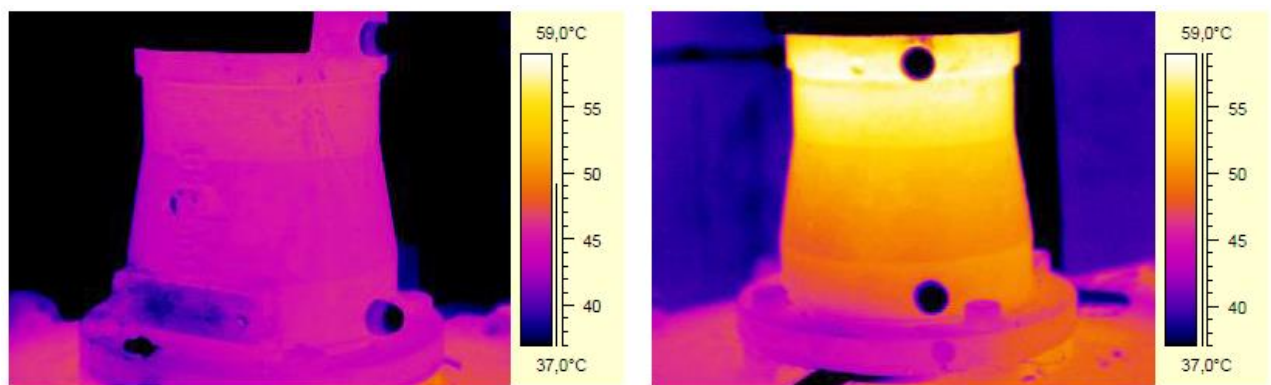
Σχήμα 10.6 Φωτογραφία και θερμική εικόνα ύποπτου ρουλεμάν αντλίας

Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν άλλες δυο αντλίες για να τις συγκρίνουμε. Μοιάζουν κάπως έτσι.



Σχήμα 10.7 Αντλίες για σύγκριση. Μια σθηστή και μια που λειτουργεί κανονικά

Η αριστερή είναι ξεκάθαρα κλειστή, συνεπώς η δεξιά πρέπει να λειτουργεί. Ας συγκρίνουμε λοιπόν το περίβλημα του ρουλεμάν της δεξιάς αντλίας χειρός με αυτό της ύποπτης



Σχήμα 10.8 Περίβλημα ρουλεμάν κανονικής αντλίας και ελαττωματικής

Τώρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει μια ανωμαλία στην ύποπτη αντλία. Επειδή και το σχέδιο και το επίπεδο απόλυτης θερμοκρασίας είναι διαφορετικά. Εάν το φορτίο είναι ίδιο και οι θερμοκρασίες επίσης θα πρέπει να είναι ίσες. Εάν το φορτίο είναι διαφορετικό, το σχέδιο είναι και πάλι επαρκής απόδειξη ότι κάτι είναι λάθος με την αντλία που υποπτευόμαστε.

Σε αυτή την περίπτωση είχαμε δυο αντλίες που λειτουργούσαν η μία δίπλα στην άλλη υπό ίδιες συνθήκες φορτίου. Σε τέτοιες περιπτώσεις εκμεταλλευόμαστε αυτό το πλεονέκτημα. Αλλά αν δεν είμαστε τόσο τυχεροί ώστε να έχουμε παρόμοια αντικείμενα το ένα δίπλα στο άλλο, χρειαζόμαστε ιστορικά δεδομένα.

Γενικός κανόνας: Για ευκολία σύγκρισης κρατήστε τις ρυθμίσεις επιπέδου και ανοίγματος ίδιες για κάθε ΥΕ εικόνα.

10.5 Αρχικά/Βασικά δεδομένα

Τα ιστορικά δεδομένα είναι αυτά που αποκαλούμε βασικά στοιχεία – δεδομένα. Τα βασικά στοιχεία πρέπει να είναι συστηματικά και σταθερά συγκεντρωμένα ξεκινώντας από την ακριβή έναρξη του προγράμματος συντήρησης της θερμογραφίας.

Η ιδανική κατάσταση είναι να έχουμε καινούριο ή επισκευασμένο εγκατεστημένο εξοπλισμό για τη συλλογή βασικών δεδομένων. Αναμένουμε τον περισσότερο εξοπλισμό να λειτουργεί κανονικά και με αυτό θέλουμε να συγκρίνουμε αργότερα. Αλλά, είναι πολύ πιο συχνό απ' αυτό που περιμένουν οι περισσότεροι άνθρωποι, να έχουμε προβλήματα με καινούριο εγκατεστημένο εξοπλισμό. Έτσι η μελέτη βασικών στοιχείων μπορεί να λειτουργήσει και σαν ένα είδους τεστ του καινούριου εξοπλισμού. Συστήνουμε τη θερμογραφία ως ένα βασικό μέρος τεστ αποδοχής του εξοπλισμού.

Όταν συλλέγεις βασικά δεδομένα είναι σημαντικό να καταγράφονται και όλες οι σχετικές πληροφορίες όπως ταχύτητα του ανέμου, θερμοκρασία αέρα, ηλιακή θερμότητα, συνθήκες φορτίου κτλ. Όλα αυτά εξαρτώνται από τον τύπο του συστατικού και πού εγκαταστάθηκε.

Σε εφαρμογές ρουτίνας η βασική στοιχειοθέτηση γίνεται αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας. Θα είστε πάντα ικανοί να ανατρέξετε πίσω σε προηγούμενα δεδομένα.

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ 'Πώς πρέπει να φαίνεται αυτό ?' Εάν ναι χρειάζεστε αρχικά δεδομένα! Είναι σημαντικό να ξεκινήσετε τη συλλογή τους αμέσως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: Τεχνικές υπέρυθρης μέτρησης

11.1 Μέτρηση θερμοκρασίας με ακτινοβολία

Σε αυτό το σημείο θα έχετε μάθει πολλά για τη θερμογραφία και πώς να αναλύσετε μια εικόνα και να χρησιμοποιήσετε τα αποτελέσματα. Πλέον πρέπει να είστε έτοιμοι να κάνετε ποιοτική ανάλυση με το όργανό σας και να πάρετε καλά αποτελέσματα. Αλλά για τους περισσότερους ανθρώπους αυτό δεν είναι αρκετό - πρέπει να είστε έτοιμοι να μετράτε και θερμοκρασία επίσης. Και θα μάθετε ακόμα ότι αυτό το τμήμα σχετικά με τη μέτρηση θα εμπλουτίσει την κατανόηση σας για τη θερμογραφία γενικότερα και την ικανότητα σας να αναλύετε την εικόνα.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας ΥΕ ακτινοβολία μπορεί να είναι πολύ εύκολη ή μπορεί να γίνει σχεδόν αδύνατη. Η ικανότητα εκπομπής είναι πάλι ο σημαντικός παράγοντας. Σαν αρχή μπορούμε να πούμε ότι ο βαθμός δυσκολίας της μέτρησης της θερμοκρασίας κυμαίνεται από το μηδέν μέχρι το άπειρο. Έχει μηδενικό βαθμό δυσκολίας εάν κοιτάζετε την εκπομπή της μονάδας δηλαδή ένα μέλαν σώμα. Με εκπομπή κοντά στο ένα, η μέτρηση θα είναι εύκολη. Από την άλλη μια εκπομπή στο μηδέν θα κάνει τη μέτρηση θερμοκρασίας με ακτινοβολία απόλυτα αδύνατη. Ο βαθμός δυσκολίας θα είναι άπειρος επειδή δε θα έρχεται καθόλου ακτινοβολία από το στόχο. Και όσο πιο κοντά βρίσκεστε σε μηδενική εκπομπή τόσο πιο κοντά στο άπειρο θα βρίσκεται η δυσκολία.

Αυτό που πρέπει να έχετε υπ' όψη είναι να ξέρετε τι είδους ποιότητας μέτρηση είναι λογική να περιμένετε. Θα εξαρτάται από δυο παράγοντες, την ικανότητα σας και το στόχο και τα περιβάλλοντα του. Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα σας, τόσο πιο δύσκολους στόχους μπορείτε να αναλάβετε. Μην περιμένετε ότι θα μπορείτε πάντα να πάρετε μια καλή μέτρηση θερμοκρασίας. Κάποιες φορές η κατάσταση θα είναι αδύνατη για μέτρηση, ανεξάρτητα με το ποιος θα προσπαθήσει.

Όπως οποιαδήποτε συσκευή μέτρησης έτσι και η υπέρυθρη κάμερα χρειάζεται βαθμονόμηση για να είναι ικανή για μέτρηση θερμοκρασίας. Η ποιότητα της μέτρησης δεν μπορεί ποτέ να είναι καλύτερη από τη βαθμονόμηση. Έτσι η ποιότητα της βαθμονόμησης είναι σημαντική και είναι κάτι που αγοράζεις μαζί με το όργανο και έπειτα από κάθε σέρβις.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφέρουμε γενικά πως γίνεται η βαθμονόμηση. Αλλά πρώτα θα δούμε τι κάνει την μέτρηση θερμοκρασίας με υπέρυθρη ακτινοβολία εφικτή.

11.2 Ακτινοβολούμενη ενέργεια και θερμοκρασία

Κάτι που πρέπει να θυμόμαστε όταν μετράμε θερμοκρασία με ακτινοβολία είναι ότι η κάμερα μπορεί να δει μόνο ένα πράγμα, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ένα συγκεκριμένο εύρος μήκους κύματος και μετά θέλουμε να μετρήσουμε κάτι εντελώς διαφορετικό - θερμοκρασία. Η θερμοκρασία συνδέεται με την κίνηση των μορίων μέσα στον στόχο μας. Και παρόλα αυτά θέλουμε να την μετρήσουμε από απόσταση.

Ο λόγος που μπορούμε να μετρήσουμε ένα πράγμα χρησιμοποιώντας κάτι άλλο, είναι επειδή διέπονται από φυσικούς νόμους. Υπάρχει μια σταθερή και αναμενόμενη σχέση μεταξύ της δύναμης της υπέρυθρης ακτινοβολίας από ένα στόχο και της θερμοκρασίας του. Χωρίς αυτή τη σταθερή και αναμενόμενη σχέση,

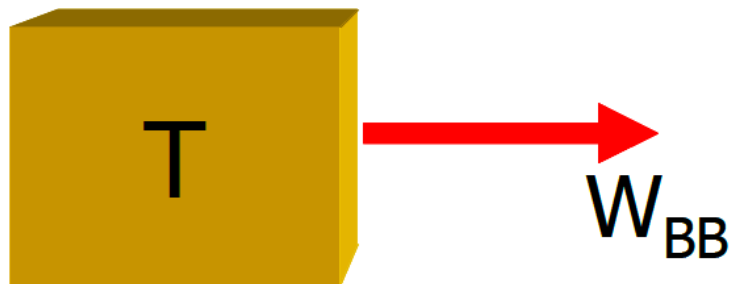
δε θα μπορούσαμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία. Θα ήταν σα να προσπαθούμε να μετρήσουμε απόσταση με λαστιχάκι.

Ξέρουμε ότι η ακτινοβολία αυξάνεται με τη θερμοκρασία αλλά το ερώτημα είναι πόσο ακριβώς. Ένας επιστημονικός νόμος που περιγράφει αυτό το ερώτημα, λέγεται Νόμος του Stefan Boltzmann.

Νόμος Stefan Boltzmann για τα μέλανα σώματα

Ο νόμος του Stefan Boltzmann συγγεί τη θερμοκρασία με την ακτινοβολούμενη ενέργεια και είναι μια αρκετά ενδιαφέρουσα εξίσωση. Μας λέει πόση ακτινοβολία θα εκπέμψει ένα μέλαν σώμα σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Και ορίστε πως προκύπτει! Είναι μια σταθερή σχέση μεταξύ της ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας. Τώρα έχουμε κάτι με το οποίο μπορούμε να δουλέψουμε.

Αν υποθέσουμε ότι αυτό το σώμα είναι μέλαν σώμα και έχει απόλυτη θερμοκρασία T , θα λάβουμε συγκεκριμένη δύναμη ακτινοβολίας από αυτό, που λέγεται W_{BB} . Αυτή η δύναμη ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το νόμο του Stefan Boltzmann.



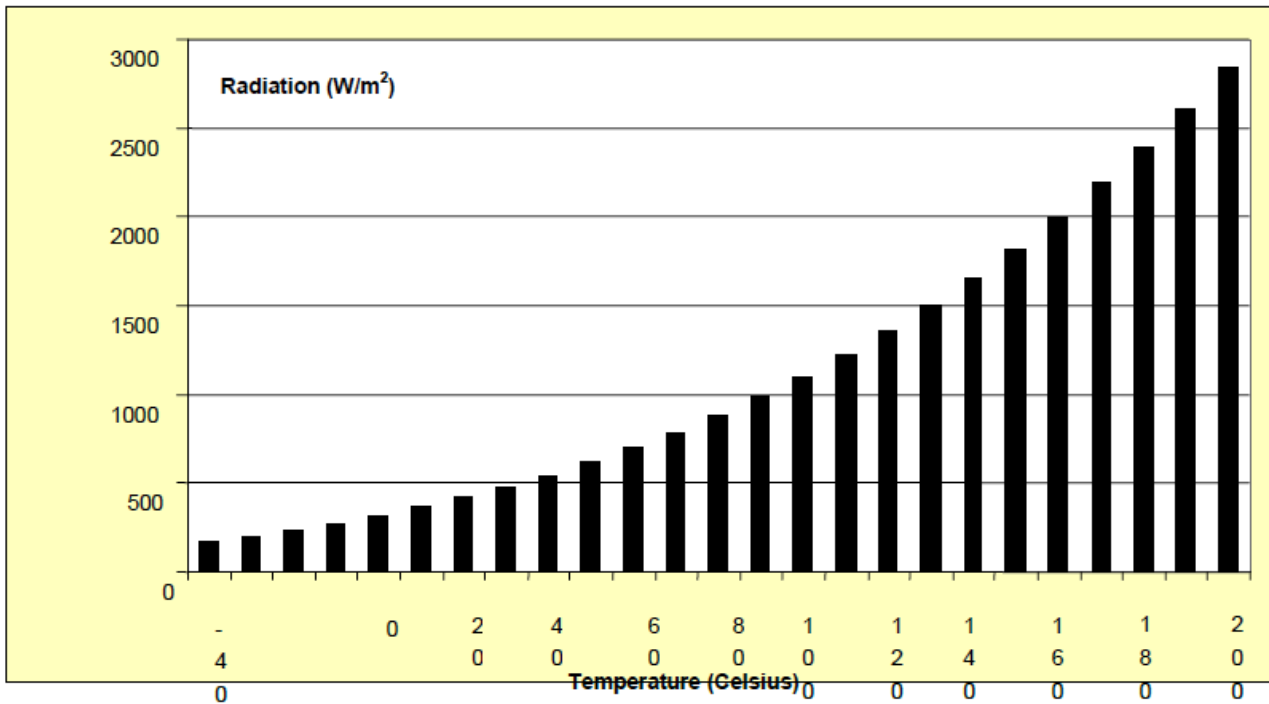
Σχήμα 11.1 Θεωρητική πηγή ακτινοβολίας μέλανος σώματος

$$W_{BB} = \sigma T^4 \quad (11.1)$$

Αν κοιτάξουμε τον τύπο βλέπουμε ότι η απόλυτη θερμοκρασία T_a είναι υψωμένη στην τέταρτη. Έτσι χρειάζεται να πολλαπλασιάσουμε την απόλυτη θερμοκρασία με τον εαυτό της τέσσερις φορές. Απόλυτη θερμοκρασία σημαίνει ότι οι μονάδες πρέπει να είναι σε Κέλβιν (k). Τότε το αποτέλεσμα θα είναι W/m^2 (βατ ανά τετραγωνικό μέτρο). Έχουμε άλλη μια μεταβλητή σ (Ελληνικό γράμμα σ) που λέγεται σταθερά του Stefan Boltzmann. Για την ώρα βλέπουμε αυτή τη σταθερά σαν διορθωτικό παράγοντα και δεν είναι απαραίτητο να θυμόμαστε την τιμή του. Για χάρη της πληρότητας $\sigma = 5,67 * 10^{-8} W/m^2 * K^4$.

Χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο μπορούμε να υπολογίσουμε για παράδειγμα τη δύναμη ακτινοβολίας από τους τοίχους του δωματίου στο οποίο βρισκόμαστε (αγνοώντας για την ώρα το γεγονός ότι δεν είναι ένα τέλει μέλανος σώμα). Αν οι τοίχοι είναι $20^{\circ}C$ αυτό ισούται με μια απόλυτη θερμοκρασία 293 K. Αυτή η απόλυτη θερμοκρασία αν πολλαπλασιαστεί τέσσερις φορές με τον εαυτό της και μετά με τη σταθερά σ (σίγμα) θα ισούται με $419 W / m^2$. Αυτό σημαίνει ότι κάθε τετραγωνικό μέτρων των τοίχων γύρω μας θα ακτινοβολεί 419 W. Αν κάνουμε μια μικρή αύξηση στη θερμοκρασία στους $50^{\circ}C$ τι θα συμβεί? Ναι, σε μια απόλυτη κλίμακα, αυτό είναι μια μικρή αύξηση από 293K στους 323K ! Το αποτέλεσμα των υπολογισμών μας θα είναι $618 W/m^2$. Σημαντική αύξηση από τους 419! Ο λόγος είναι φυσικά επειδή η θερμοκρασία υψώνεται στην τέταρτη δύναμη, έτσι μια μικρή αλλαγή στη θερμοκρασία οδηγεί σε μια μεγάλη αλλαγή στην ακτινοβολούμενη δύναμη.

Εάν κάνουμε αυτόν τον υπολογισμό για έναν αριθμό διαφορετικών θερμοκρασιών και βάλουμε τα αποτελέσματα σε ένα γράφημα στηλών, θα μοιάζει κάπως έτσι:



Σχήμα 11.2 Ακτινοβολούμενη δύναμη ενός μέλανος σώματος σε επιλεγμένες θερμοκρασίες

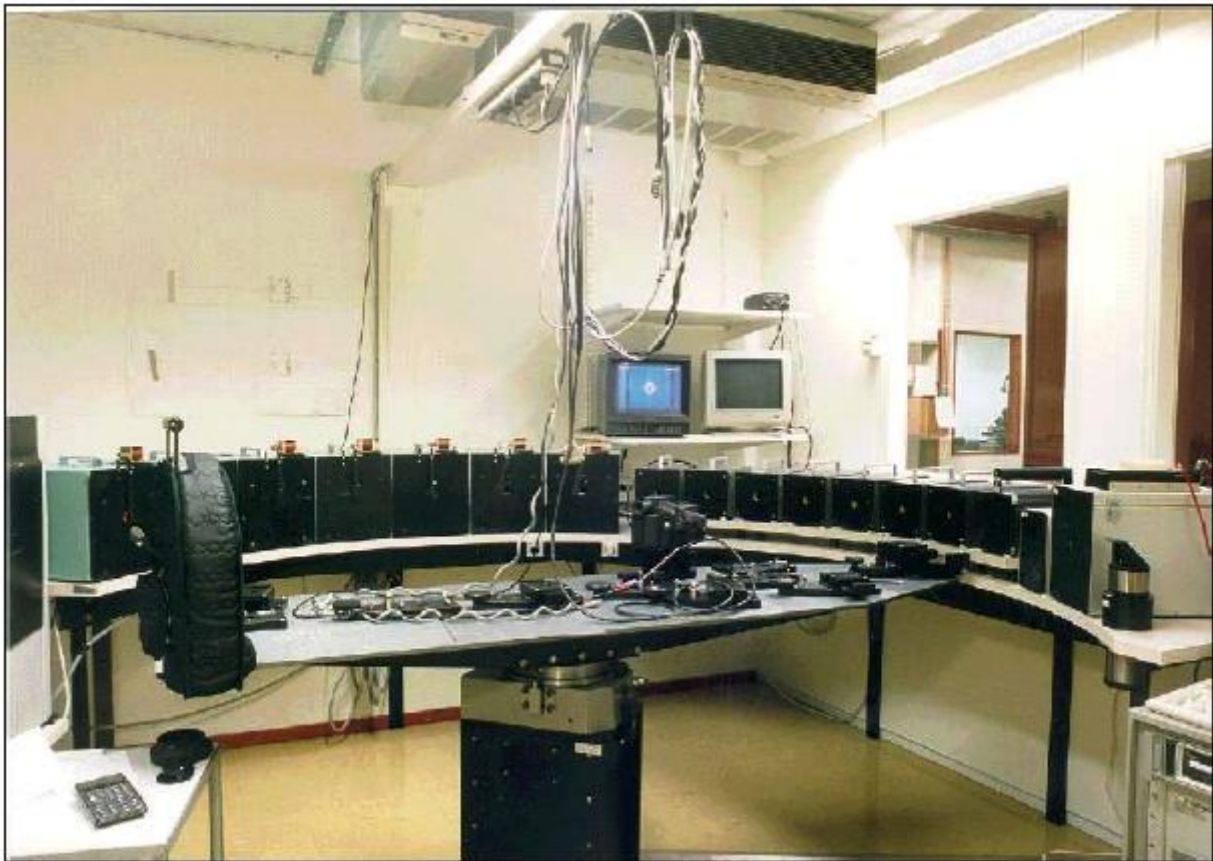
Πηγαίνοντας από τους 90^o C (363K) στους 130^oC (403K) για παράδειγμα, αυξάνει την ακτινοβολούμενη δύναμη από τα περίπου 1000 στα 1500 W/m². Η αύξηση στη θερμοκρασία (40K) είναι μόνο 11%! (θυμηθείται, για να υπολογίζουμε ποσοστά, χρησιμοποιούμε Κέλβιν).

Βαθμονόμηση

Οπότε εάν αυτό που βλέπει η κάμερα, που είναι υπέρυθρη ακτινοβολία, μπορεί να συνδεθεί με τη θερμοκρασία μπορούμε να βαθμονομήσουμε το όργανο μας.

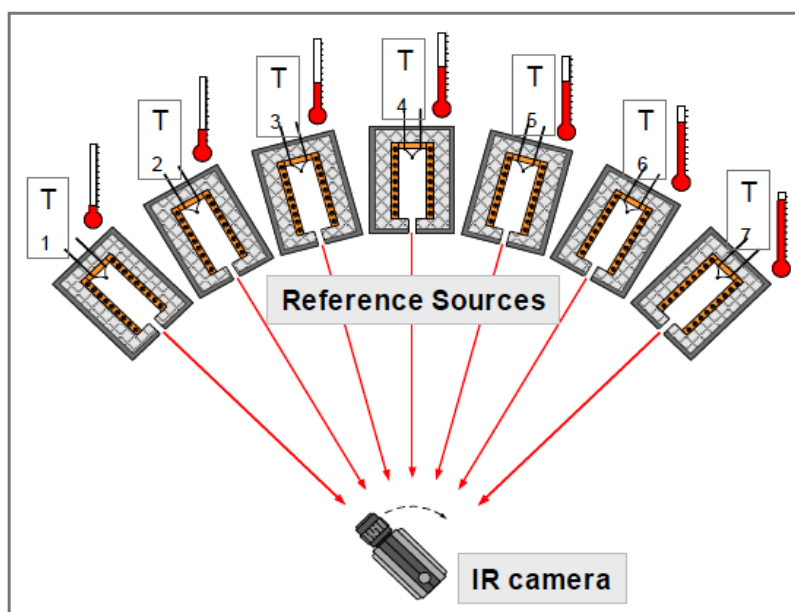
Η βαθμονόμηση της κάμερας, πραγματοποιείται σε ένα εργαστήριο βαθμονόμησης υπό ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες με μεγάλο αριθμό μελανών σωμάτων σαν πηγές αναφοράς. Οι πηγές αναφοράς είναι εξομοιωτές μελανών σωμάτων με μια εκπομπή που είναι πολύ υψηλή πλησιάζοντας το 1. Οι πηγές πιστοποιημένες και ανιχνεύσιμες στα διεθνή πρότυπα.

11.3 Εργαστήριο βαθμονόμησης



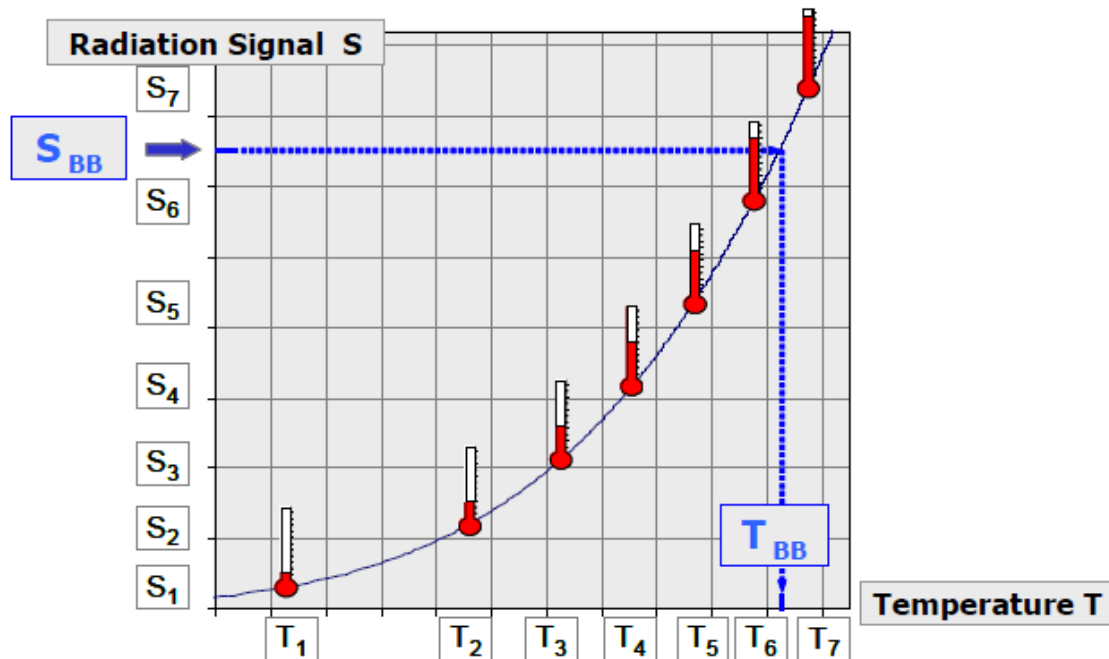
Σχήμα 11.3 Σταθμός βαθμονόμησης στο εργοστάσιο FLIR στη Σουηδία

Οι πηγές αναφοράς μελανών σωμάτων τοποθετούνται σε ένα ημικύκλιο. Η κάμερα είναι πακτωμένη στο περιστρεφόμενο τραπέζι στη μέση και συνδεδεμένη στο αυτόματο σύστημα ελέγχου του σταθμού βαθμονόμησης.



Σχήμα 11.4 Κοιτάζοντας τις πηγές αναφοράς

Η κάμερα είναι στραμμένη στις πηγές αναφοράς, τη μια μετά την άλλη και κάθε πηγή αναφοράς δημιουργεί ένα σήμα στην κάμερα. Αυτή η δύναμη σήματος καταγράφεται για κάθε θερμοκρασία.



Σχήμα 11.5 Τοποθέτηση καμπύλης βαθμονόμησης

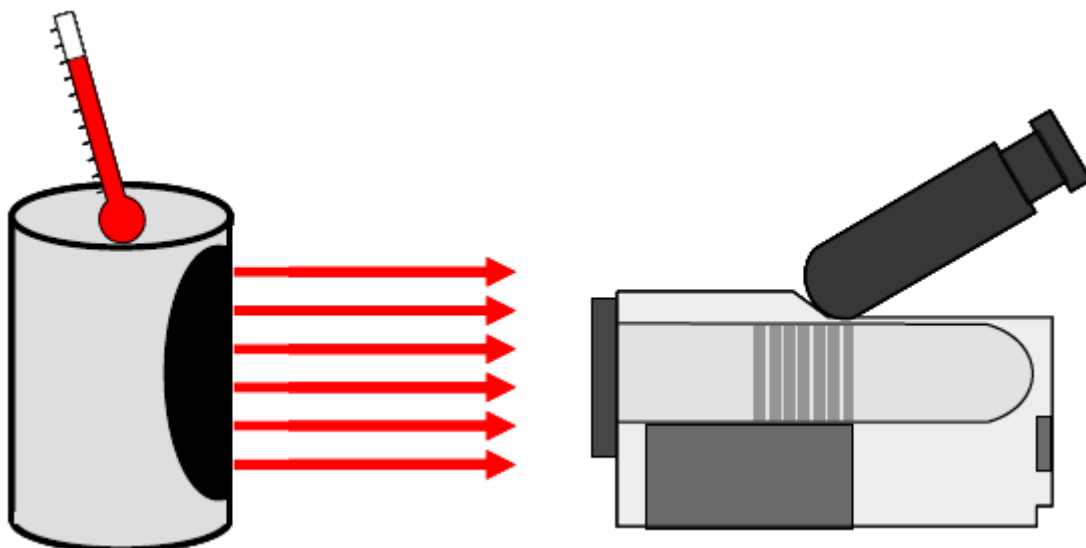
Κάθε ζευγάρι επιπέδου σήματος και ένδειξης θερμοκρασίας χαράζεται σε ένα διάγραμμα και μια καμπύλη τοποθετείται. Αυτή η καμπύλη φορτώνεται στη μνήμη της κάμερας και χρησιμοποιείται για να συγγεί την ακτινοβολία με τη θερμοκρασία. Έτσι αν μια συγκεκριμένη δύναμη ακτινοβολίας που φτάνει στον ανιχνευτή δημιουργεί μια συγκεκριμένη δύναμη σήματος, η καμπύλη θα χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει αυτή τη δύναμη σήματος σε μια ανταποκρινόμενη θερμοκρασία.

11.4 Έλεγχος βαθμονόμησης

Ένας απλός έλεγχος βαθμονόμησης μπορεί να γίνει χωρίς πηγές αναφοράς μελανών σωμάτων. Παρόλα αυτά πρέπει να είστε προσεκτικοί και να μη βασίζεστε τόσο πολύ στα αποτελέσματα. Δεν αντικαθιστά τον συχνό έλεγχο και σέρβις του οργάνου σας. Η συχνότητα των ελέγχων μπορεί να διαφέρει από κάμερα σε κάμερα. Συμβουλευτείτε το παράρτημα σέρβις για συγκεκριμένες οδηγίες. Μπορεί επίσης να έχετε το δικό σας σύστημα ελέγχου ποιότητας που καθορίζει συγκεκριμένα διαστήματα. Και δε μπορείτε να επαναβαθμονομήσετε την κάμερα οι ίδιοι εάν είναι εκτός βαθμονόμησης. Πρέπει να τη στείλετε για σέρβις.

Μπορούμε να πούμε σαν αρχή ότι ένας έλεγχος βαθμονόμησης που κάνετε εσείς οι ίδιοι δεν εγγυάται ότι η κάμερα είναι καλή αλλά ίσως μπορεί να δείξει αν είναι κακή.

Πρέπει να έχετε μια σταθερή ρύθμιση και διαδικασία για να το κάνετε αυτό όπως πρέπει. Πρέπει να έχετε ορισμένο εξοπλισμό για τις μετρήσεις και να είστε σίγουροι ότι τίποτα σημαντικό δεν αλλάζει μεταξύ των τεστ. Θα ξεχωρίσετε ποιοι παράγοντες είναι σημαντικοί, καθώς προχωράμε σ αυτό το τμήμα.



Σχήμα 11.6 Τοποθέτηση για έλεγχο βαθμονόμησης

Για να είναι χρήσιμος ο έλεγχος πρέπει να κάνετε μια αρχική μέτρηση όταν η βαθμονόμηση της κάμερας είναι καλή. Αυτό θα εξηγήσει τα συστηματικά σφάλματα στην τοποθέτηση και στη διαδικασία. Πρώτα ελέγχετε τη διαδικασία και η τοποθέτηση με μια κάμερα που έχει μια βαθμονόμηση που ξέρετε ότι είναι σωστή και αργότερα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την τοποθέτηση και τη διαδικασία για να ελέγξετε την κάμερα. Αν ο έλεγχος της διαδικασίας δεν έχει την απαιτούμενη ακρίβεια της κάμερας σας όταν τη δοκιμάσετε πρέπει να βελτιώσετε τη διαδικασία!

Πρώτα χρειάζεστε ένα στόχο. Μπορεί να είναι ένα μεταλλικό δοχείο ή ένα πεταμένο τηγάνι ή βραστήρας. Πρέπει να είναι μεταλλικό. Ένα πλαστικό δοχείο θα έχει πολύ χαμηλή αγωγιμότητα, η θερμοκρασία μέσα και έξω θα είναι πολύ διαφορετική. Κάντε ένα υψηλής εκπομπής σημάδι στο στόχο που να είναι αρκετά μεγάλο για την απόσταση μέτρησης που θα χρησιμοποιήσετε. (Θα ξέρετε πόσο μεγάλο πρέπει να είναι, όταν αυτό το τμήμα ολοκληρωθεί). Μπορείτε να το βάψετε με μαύρη μπογιά ή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μονωτική ταινία με γνωστή και υψηλή εκπομπή. Αφήστε την περιοχή που δεν χρησιμοποιείται για μέτρηση, γυαλιστερή. Αυτό θα βοηθήσει να κρατήσετε τη θερμοκρασία εκεί που τη θέλετε.

Το επόμενο βήμα είναι να δώσουμε στο στόχο μας δυο γνωστές θερμοκρασίες που είναι διαφορετικές από τη θερμοκρασία των περιβαλλόντων και που μένουν σχετικά σταθερές.

Ένα καλό σημείο αναφοράς είναι ο πάγος που λιώνει, που θα έχει περίπου 0 °C αλλά σιγουρευτείτε ότι λιώνει! Τα παγάκια απευθείας από την κατάψυξη θα είναι αρκετά ψυχρότερα. Κι σιγουρευτείτε ότι υπάρχει αρκετός πάγος ώστε να δημιουργηθεί ένα μείγμα νερού και πάγου. Μερικά παγάκια πεταμένα δε θα κάνουν δουλειά. Το σημείο τήξης του πάγου θα αλλάξει με τα αλάτι που περιέχει αλλά για όσο δεν προσθέτετε αλάτι, το νερό βρύσης κάνει τη δουλειά του. Κρατήστε το νερό της συμπύκνωσης έξω από το δοχείο. Κατά τη μέτρηση η επιφάνεια πρέπει να παραμείνει στεγνή.

Το νερό που βράζει θα έχει μια θερμοκρασία περίπου 100 °C. Η θερμοκρασία επιφάνειας του δοχείου σας μπορεί να είναι λίγο μικρότερη. Το αρχικό σας τεστ θα το αποκαλύψει αυτό. Αν κοιτάξετε την επιφάνεια του νερού που βράζει, το νερό σας πρέπει να βράζει βίαια. Μερικές φούσκες που αναβλύζουν από τον πάτο δεν είναι αρκετό. Και προφυλάξτε την κάμερα σας από τη συγκέντρωση υγρασίας στους φακούς

Η χρήση ενός θερμομέτρου (υγρή συστολή ή θερμοζεύγος υψηλής ποιότητας) δεν είναι κακή ιδέα. Αυτό θα συμπληρώσει ωραία την αλλαγή της κατάστασης των συσκευών σας που περιεγράφηκε παραπάνω.

Αν το όργανο είναι εκτός βαθμονόμησης, συνήθως είναι εκτός για τα καλά. Αν δυο μετρούμενα σημεία είναι σχετικά σωστά η βαθμονόμηση σας πρέπει να είναι καλή. Ανατρέξτε στο εγχειρίδιο της κάμερας σας για να βρείτε την ακρίβεια της. Εάν η ακρίβεια της κάμερας σας είναι πχ $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ μια ένδειξη $98\text{ }^{\circ}\text{C} - 102\text{ }^{\circ}\text{C}$ είναι εντός προδιαγραφών για νερό που βράζει.

11.5 Αντιστάθμιση για τις επιπτώσεις από το περιβάλλον

Πάντα θα υπάρχει λίγος αέρας μεταξύ της κάμερας και του στόχου και αυτό το λέμε 'ατμόσφαιρα'. Η ατμόσφαιρα θα ακτινοβολεί από μόνης της και θα απορροφά κάποια από την ακτινοβολία που ο στόχος μας έχει εκπέμψει και ανακλάσει. Πρέπει να υπολογίσουμε το μέγεθος αυτού του φαινομένου έτσι ώστε να μπορεί σωστά να εξηγηθεί.

Κάποια από την ακτινοβολία που θα φτάνει στην υπέρυθρη κάμερα, θα προέρχεται και από αντικείμενα εκτός από τον ίδιο το στόχο. Αυτή η ακτινοβολία δε θα έχει να μας πει τίποτα για τη θερμοκρασία του στόχου μας. Πρέπει να βρούμε ένα τρόπο να υπολογίσουμε πόσο μεγάλη θα είναι αυτή η επίπτωση ώστε να την απομακρύνουμε από περεταίρω υπολογισμούς.

Συνθήκες μέτρησης

Θα κάνουμε τις ακόλουθες υποθέσεις για το στόχο μας και για αυτά που περιβάλλουν το στόχο μας.

Το αντικείμενο – στόχος πρέπει να είναι αδιαφανής. Δεν πρέπει να έχει καθόλου μεταδοτικότητα. Εάν μπορεί να μεταδώσει υπέρυθρη θερμοκρασία, δε μπορούμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία του, εκτός από κάποιες ειδικές περιπτώσεις που καλύπτονται στο Επίπεδο II. Αυτό θα είναι εμφανές μόλις τελειώσουμε με αυτό το τμήμα, για αυτό παρακαλώ να το θεωρήσετε τώρα ως δεδομένο.

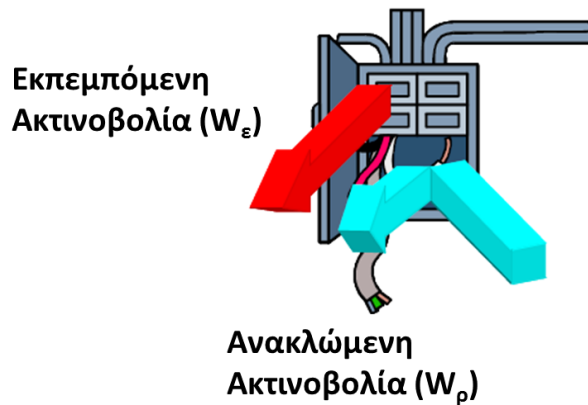
Ο στόχος έχει μια θερμοκρασία που θέλουμε να μάθουμε και έχει μια εκπομπή ϵ , που πρέπει να γνωρίζουμε ή να υπολογίσουμε. Σαν αποτέλεσμα της εκπομπής και της θερμοκρασίας του, θα ακτινοβολεί μια συγκεκριμένη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Ο στόχος έχει μια ανακλαστικότητα ρ , που η κάμερα μπορεί να υπολογίσει από $1 - \epsilon$. Βρίσκεται σε κάποια από τα περιβάλλοντα και θα ακτινοβολείται προς το στόχο. Σαν αποτέλεσμα αυτού, ο στόχος θα ανακλά μια συγκεκριμένη ποσότητα ακτινοβολίας.

Θα υπάρχει μια ατμόσφαιρα ή για να το θέσουμε απλά, μια συγκεκριμένη ποσότητα αέρα μεταξύ της κάμερας και του στόχου.

Εξαγόμενη ακτινοβολία

Στο προηγούμενο μέρος, σχετικά με τη μεταφορά ενέργειας ακτινοβολίας, ολοκληρώσαμε διαπιστώνοντας ότι αν ο στόχος μας είναι αδιαφανής θα έχει μόνο εκπομπή/απορρόφηση και αντανακλαστικότητα.



Σχήμα 11.7 Εξαγόμενη ακτινοβολία από αδιαφανή στόχο

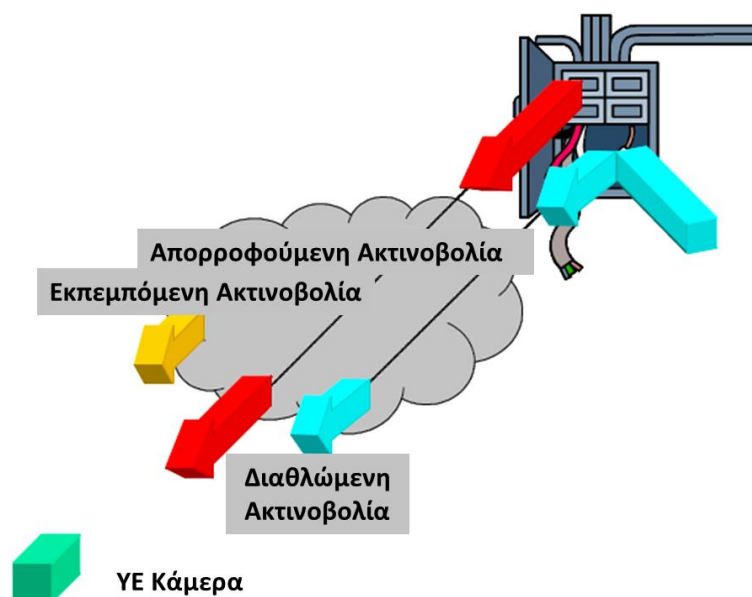
Αυτό σημαίνει ότι στόχος μας θα έχει μια εξαγόμενη ακτινοβολία η οποία αποτελείται από :

- Ακτινοβολία εκπομπής από τον ίδιο το στόχο
- Ακτινοβολία αντανάκλασης από τα περιβάλλοντα

Επιρροή από την ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα είναι ένα μεταδοτικό αντικείμενο μεταξύ του στόχου και της κάμερας. Το εύρος μήκους κύματος της κάμερας επιλέγεται έτσι ώστε η μεταδοτικότητα του αέρα να είναι πολύ υψηλή. Ακόμα και αν δεν είναι. Η ατμόσφαιρα μεταδίδει την περισσότερη ακτινοβολία από το στόχο και απορροφά ένα μικρό μέρος από την εξαγόμενη ακτινοβολία του στόχου. Έτσι υπάρχει μια μικρή απώλεια, καθώς η εξαγόμενη ακτινοβολία από το στόχο περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα. Και το μέρος που εκπέμπεται από το στόχο και το μέρος που ανακλάται από τα περιβάλλοντα, ισόποσα μειώνονται από την ατμόσφαιρα.

Η ατμόσφαιρα εξάλλου θα εκπέμψει τη δική της ακτινοβολία, γιατί αν μπορεί να απορροφά, μπορεί και να εκπέμπει.



Σχήμα 11.8 Η ακτινοβολία που φτάνει στην YE κάμερα

Συστατικά ακτινοβολίας

Η ακτινοβολία που φτάνει τελικά στην υπέρυθη κάμερα θα είναι

- Εκπεμπόμενη από την ατμόσφαιρα
- Εκπεμπόμενη από το στόχο, λιγότερη από αυτή που απορροφά η ατμόσφαιρα
- Ανακλώμενη από τα περιβάλλοντα, λιγότερη από αυτή που απορροφάται από την ατμόσφαιρα

11.6 Αντιστάθμιση για τις επιπτώσεις των περιβαλλόντων

Είναι δύο τα πράγματα στο μετρούμενο περιβάλλον που πρέπει να αντισταθμίσουμε:

- Ατμόσφαιρα
- Ανακλώμενη ακτινοβολία

Ατμόσφαιρα

Ξεκινώντας από την ατμόσφαιρα, πρέπει να απαντήσουμε δύο ερωτήσεις. Πόση ατμόσφαιρα είναι μεταξύ του στόχου και της κάμερας, και πόσο πυκνή είναι? Είναι ένα σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την επίπτωση της ατμόσφαιρας, τα πιο σημαντικά είναι:

- Απόσταση
- Θερμοκρασία αέρα
- Σχετική υγρασία

Ο παράγοντας απόσταση είναι εύκολος να τον καταλάβουμε όσο περισσότερη ατμόσφαιρα τόσο περισσότερο θα εκπέμπει και θα απορροφά. Η θερμοκρασία του αέρα θα επηρεάσει δύο πράγματα. Η ακτινοβολία της ίδιας της ατμόσφαιρας είναι φυσικά ένα από αυτά. Όσο πιο ζεστός είναι ο αέρας, τόσο περισσότερο θα ακτινοβολεί.

Η άλλη επιρροή της θερμοκρασίας του αέρα είναι σε συνδυασμό με τη σχετική υγρασία. Αρκετή από την απόσβεση της ατμόσφαιρας είναι λόγω του ατμού του νερού και η απόλυτη ποσότητα των μορίων του νερού στην ατμόσφαιρα που είναι σημαντική για εμάς, είναι ο ακριβής αριθμός μορίων που η ακτινοβολία μας πρέπει να διαπεράσει που αποφασίζει πόσο δύσκολο θα είναι αυτό.

Η σχετική υγρασία από μόνη της δεν μας λέει πόσο νερό είναι στον αέρα. Μας λέει την υγρασία σαν ποσοστό του μέγιστου σημείου ή σημείου δρόσου. Στο 100% της υγρασίας θα έχουμε υγρασία στον αέρα πχ έχουμε φτάσει στο σημείο δρόσου στην συγκεκριμένη θερμοκρασία. Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία χωρίς να προσθέσουμε μόρια νερού στον αέρα η σχετική υγρασία θα κατέβει, αλλά θα παραμείνει το ίδιο δύσκολο για την υπέρυθη ακτινοβολία μας να διαπεράσει.

Έχοντας πει όλα αυτά, θέτοντας αρκετές τιμές σχετικής υγρασίας στις κάμερές μας, εύκολα καταλαβαίνουμε ότι έχει πολύ μικρή επιρροή στις αποστάσεις και στις θερμοκρασίες αέρα που συνήθως δουλεύουμε. Κανονικά θα επαρκεί να εισάγουμε μία πολύ χονδρική εκτίμηση της σχετικής υγρασίας.

Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι αν θέσουμε αυτές τις τρεις παραμέτρους στην κάμερα, θα χρησιμοποιήσει όλες αυτές τις πληροφορίες για να κάνει όλους τους απαιτούμενους υπολογισμούς. Όταν γίνει αυτό οι επιπτώσεις της ατμόσφαιρας θα έχουν σταθεροποιηθεί.

Ρυθμίσεις κάμερας

Οι παράμετροι μπορεί να είναι διαφορετικοί για διαφορετικές κάμερες. Ανατρέξτε στο εγχειρίδιο της κάμερά σας για να σιγουρευτείτε. Κάποιες κάμερες μπορεί να μην έχουν κάποιες ή και καμία από αυτές τις ρυθμίσεις. Η ρύθμιση απόστασης είναι η πιο κοινή. Η θερμοκρασία του αέρα μπορεί μερικές φορές να υποθέσουμε ότι έχει την ίδια τιμή (αν και ΔΕΝ είναι το ίδιο!) με την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία, που είναι η παράμετρος που θα συζητήσουμε έπειτα. Αυτό σημαίνει ότι η κάμερα θα χρησιμοποιήσει τη ρύθμιση για ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία σαν προεπιλεγμένη τιμή για τη θερμοκρασία του αέρα επίσης, είτε είναι σωστή είτε όχι. Το σφάλμα που εισάγεται μετά θα είναι στην πλευρά της ατμοσφαιρικής αντιστάθμισης που μετράει λιγότερο, και όχι στην πλευρά της ανακλώμενης αντιστάθμισης, που θα μέτραγε πολύ περισσότερο.

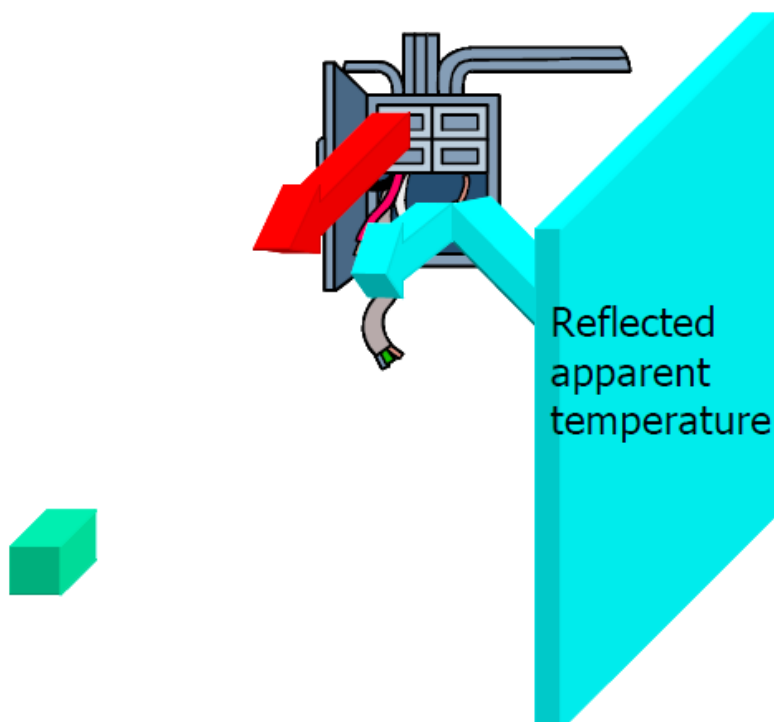
Κοινές ρυθμίσεις κάμερας είναι οι ακόλουθες:

- Απόσταση πχ Do bj
- Θερμοκρασία αέρα Tair, Tatm
- Σχετική υγρασία Rel Hum

Βρείτε πως λέγονται στην κάμερά σας!

Ανακλώμενη ακτινοβολία

Τώρα που έχουμε φροντίσει τις επιπτώσεις της ατμόσφαιρας στους υπολογισμούς θερμοκρασίας είναι καιρός να κοιτάξουμε στα ανακλώμενα στοιχεία. Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να βρούμε τι αντανακλάται στον στόχο μας. Είναι ένας τοίχος? Ο ουρανός? Ένας τοίχος φούρνου? Ο ηλεκτρικός πίνακας κατά μήκος του διαδρόμου από τον οποίο κοιτάζουμε?



Σχήμα 11.9 Η πηγή της ανακλώμενης ακτινοβολίας λέγεται ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία

Εμφανής ανακλώμενη θερμοκρασία

Αυτή η παράμετρος μέτρησης συχνά προκαλεί σύγχυση, εν μέρει επειδή έχει επικρατήσει μια σύγχυση σχετικά με το πώς να την ονομάζουμε. Σε αυτή την έκδοση θα χρησιμοποιούμε τον όρο ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία, επειδή νιώθουμε ότι περιγράφει αυτό που εννοούμε καλά.

Πολλές κάμερες χρησιμοποιούν τον όρο T-ambient, ή T_{amb} . Αυτό έχει κάνει πολλούς ανθρώπους να νομίζουν ότι είναι η θερμοκρασία του αέρα γύρω από τον στόχο, γύρω από την κάμερα ή ανάμεσα από τα δύο. Δεν είναι! Χρησιμοποιώντας τον όρο T-background δημιουργούμε και πάλι σύγχυση. Ποιου είναι το φόντο? Είναι αυτού που βρίσκεται πίσω από το στόχο ή από το χειριστή?

Στα αλήθεια δεν έχει τόση σημασία πως το αποκαλούμε, αρκεί να ξέρουμε τι εννοούμε με αυτό! Ακολουθεί ένας ορισμός που καλύπτει αυτό που εννοούμε με όλα τα παραπάνω ονόματα.

Η εμφανής ανακλώμενη θερμοκρασία είναι η φαινομενική θερμοκρασία των αντικειμένων, που έχει σαν αποτέλεσμα ακτινοβολία η οποία ανακλάται από τον στόχο προς την κάμερα.

Ρυθμίσεις κάμερας

Το όνομα που θα ήταν αρκετά σύντομο ώστε να χρησιμοποιηθεί σε μενού κάμερας θα ήταν το T_{refl} . Αυτό θα χρησιμοποιούμε εδώ. Επίσης αυτό χρησιμοποιούν στο μενού και στα νέα μοντέλα οργάνων της FLIR Systems. Πολλές κάμερες χρησιμοποιούν επίσης το T_{amb} στο μενού τους.

Την ίδια ορολογία κάμερας χρησιμοποιούν και για την θερμοκρασία του αέρα αλλά και την ατμοσφαιρική, αλλά μην αφήνεται αυτό να επηρεάζει την εκτίμησή σας για την T_{refl} . Η θερμοκρασία του αέρα έχει μικρή επιρροή στο αποτέλεσμα της μέτρησης και αν η ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία και η θερμοκρασία του αέρα δεν είναι οι ίδιες, η θερμοκρασία του αέρα πρέπει να αγνοείται εντελώς. Θέστε την αποδεκτή ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία στη θέση της!

Τι πραγματικά είναι η εμφανής ανακλώμενη θερμοκρασία

Ο ορισμός μας δίνει τρία σημαντικά κριτήρια:

1. Είναι εμφανής θερμοκρασία, που σημαίνει ότι είναι ποσότητα ακτινοβολίας αυτό που αντιμετωπίζουμε.
2. Προέρχεται από αντικείμενα.
3. Η πηγή αντανάκλασης έχει κατάλληλη γωνία πρόσπτωσης στον στόχο ώστε να γίνει μέρος της εξαγόμενης ακτινοβολίας προς την κάμερα.

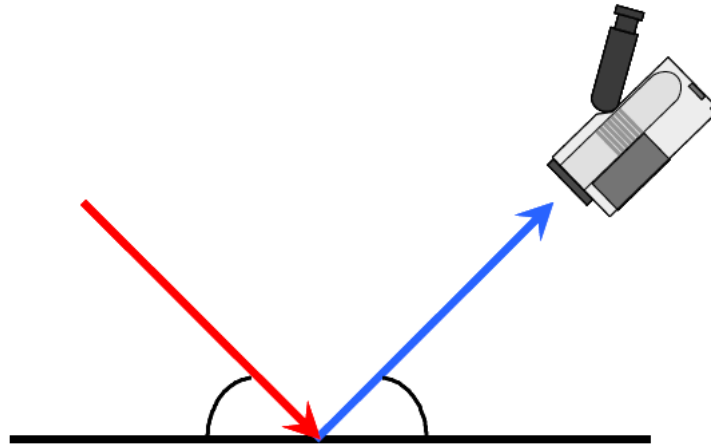
Το πρώτο κριτήριο εξαιρεί την απόλυτη θερμοκρασία για καλό σκοπό. Εάν κάτι έχει χαμηλή εκπομπή, σημαίνει ότι δεν θα ακτινοβολεί τόσο όσο θα 'μπορούσε' σε εκείνη την θερμοκρασία. Και αν η ακτινοβολία δεν εκπέμπεται ποτέ από την πηγή αντανάκλασης τότε σίγουρα δεν μπορεί να αντανακλάται από τον στόχο!

Το δεύτερο κριτήριο λέει ότι παρότι ο αέρας είναι 'αντικείμενο' που θα συμβάλει με πολύ μικρό μέρος στην ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία, δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Τα στερεά αντικείμενα θα ακτινοβολούν πολύ περισσότερο, και ο στόχος θα ανακλά αυτή την ακτινοβολία.

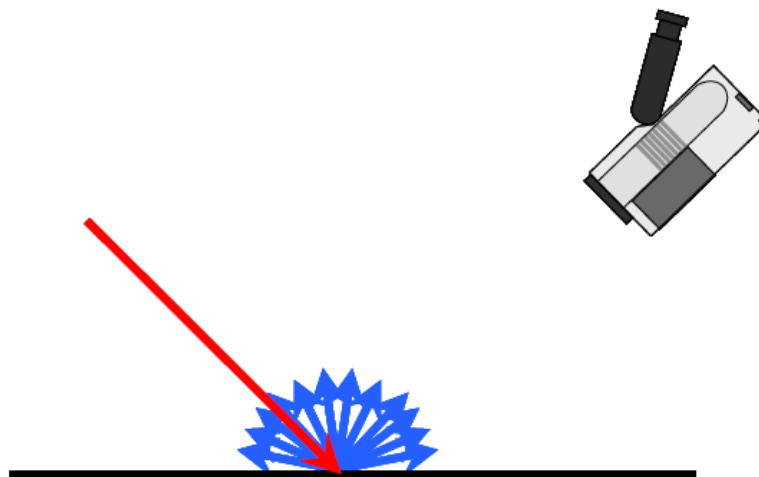
Το αποτέλεσμα του τρίτου κριτηρίου εξαρτάται μερικώς από τα χαρακτηριστικά αντανάκλασης του αντικείμενου στόχου. Αν μοιάζει πολύ με καθρέπτη, η πηγή αντανάκλασής του θα είναι σε μία πολύ καλά

καθορισμένη γωνία από τον στόχο. Θα μπορούσαμε πολύ εύκολα να καταδείξουμε ακριβώς τι αντικείμενο αντανακλά τον εαυτό του στο στόχο. Εάν ο στόχος είναι ασαφής παρόλα αυτά θα συγκεντρώσει αντανακλάσεις από σχεδόν κάθε κατεύθυνση, και θα τις ανακλάσει σε σχεδόν κάθε κατεύθυνση

Ανακλάσεις τύπου καθρέπτη εναντίον ασαφών ανακλάσεων



Σχήμα 11.10 Οι ανακλάσεις τύπου καθρέπτη θα έχουν τις ίδιες γωνίες εισόδου και εξόδου.



Σχήμα 11.11 Οι ασαφής ανακλάσεις θα σκορπίζονται προς κάθε κατεύθυνση.

Στην υπέρυθη ζώνη συχνοτήτων, ένας στόχος με κυριαρχικό ανακλαστικό χαρακτήρα (υψηλή αντανακλαστικότητα και χαμηλή εκπομπή) είναι πιο πιθανό να δημιουργεί ανακλάσεις τύπου καθρέπτη σε σχέση με την ορατή ζώνη συχνοτήτων. Πολλοί στόχοι που μας φαίνονται ασαφής στο ορατό, αποδεικνύονται αρκετά σαν καθρέπτες, όταν του βλέπουμε με την υπέρυθη κάμερα. Αυτό είναι σημαντικό να το θυμάστε όταν καθορίζετε τις πηγές αντανάκλασής σας. Η εκτίμηση ανακλώμενης εμφανούς θερμοκρασίας διδάσκεται αργότερα σε αυτό το τμήμα.

Αντιστάθμιση αντανάκλασης

Μιας και το ανακλώμενο μέρος της ακτινοβολίας που φτάνει στην κάμερα δεν έχει καμία σχέση με τη θερμοκρασία του αντικειμένου στόχου, πρέπει να υπολογίσουμε πόσο μεγάλο είναι και να το

αφαιρέσουμε από το γενικό μας σύνολο. Το μόνο που θέλουμε να μας μείνει είναι η ακτινοβολία από τον ίδιο το στόχο, τίποτα περισσότερο και τίποτα λιγότερο.

Η κάμερα θα χρησιμοποιήσει την αντανάκλαστικότητα του στόχου και την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία για να υπολογίσει το μέγεθος του ανακλώμενου συστατικού. Αν το περιγράψουμε σαν εξίσωση μοιάζει κάπως έτσι. (Δεν χρειάζεται να το θυμάστε, απλά το αναφέρουμε για σαφήνεια).

$$W_{refl} = \rho W_{source\ of\ reflection} \quad (11.2)$$

Πως ξέρει η κάμερα την αντανάκλαστικότητα ρ ? Δεν υπάρχει εισαγωγή για αυτό στο μενού. Βασικά, κι όμως υπάρχει αλλά το βάζεις χωρίς να το καταλάβεις και ίσως χωρίς να ξέρεις καν ότι το έβαλες. Αυτό συμβαίνει επειδή υπολογίζεται από την εισαγωγή της εκπομπής. Ξέρουμε από τη σχέση 5 ότι για έναν αδιαφανή στόχο, το άθροισμα της εκπομπής και της αντανάκλαστικότητας θα είναι ένα. Που σημαίνει ότι η αντανάκλαστικότητα μπορεί να υπολογιστεί σαν ένα μείον την εκπομπή, κάπως έτσι:

$$\rho = 1 - \varepsilon \quad (11.3)$$

Αυτό κάνει τη ρύθμιση της εκπομπής διπλά σημαντική γιατί δεν θέτεις μόνο μια μεταβλητή αλλά δύο στον ίδιο χρόνο. Έτσι αν κάνεις ένα λάθος στην εκπομπή, κάνεις επίσης ένα λάθος στην αντανάκλαστικότητα και όλο αυτό προστίθεται! Κάνεις **δυο λάθη σε ένα!**

Τώρα είναι επίσης ξεκάθαρο γιατί δε μπορούμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία σε μεταδοτικά αντικείμενα. Ένας μεταδοτικός παράγοντας θα έκανε τον παραπάνω υπολογισμό ανακριβή. Θα έπρεπε να ανατρέξουμε στον αρχικό τύπο που περιλαμβάνει τη μεταδοτικότητα. Η κάμερα θα έπρεπε να έχει κάποιες έξτρα εισαγωγές και η κατάσταση μέτρησης θα ήταν πολύ πιο περίπλοκη.

Αποτέλεσμα αυτού του βήματος αντιστάθμισης

Η κάμερα τώρα ξέρει πόση ακτινοβολία προέρχεται από τον ίδιο το στόχο! Οι επιρροές της ατμόσφαιρας και της ανακλώμενης ακτινοβολίας έχουν εξαιρεθεί από τον υπολογισμό της μέτρησης. Αλλά να θυμάστε – αυτό είναι μόνο υπολογισμός! Η εικόνα θα φαίνεται ακόμα ίδια. Η κάμερα θα βλέπει ακόμα την ίδια ακτινοβολία. Μόνο οι ενδείξεις της θερμοκρασίας που παρουσιάζονται θα αλλάξουν.

Οι υπολογισμοί είναι έγκυροι μόνο για κάποια σημεία στην εικόνα, όπου οι εισαγωγές μεταβλητής είναι πραγματικές. Η εκπομπή και η ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία μπορεί να διαφέρουν στο πεδίο που ερευνάται και μέσα στην κάμερα. Συνήθως μπορείτε να εισάγετε μόνο ένα σετ παραμέτρων μέτρησης που χρησιμοποιούνται για όλη την εικόνα. Έτσι οι παράμετροι μέτρησης θα είναι έγκυροι για κάποια σημεία και όχι για άλλα.

11.7 Αντιστάθμιση για τον υπολογισμό εκπομπής και θερμοκρασίας

Η κάμερα τώρα ξέρει πώς η ακτινοβολία προέρχεται από το στόχο. Αυτό θα το λέμε ακτινοβολία πραγματικού σώματος ή W_{RB} . Η κάμερα ξέρει επίσης την εκπομπή του στόχου – του πραγματικού σώματος. Με αυτές τις δυο πληροφορίες θα μάθουμε τη θερμοκρασία.

Σημαντική σημείωση: Πολλοί από εσάς μπορεί να γνωρίζετε τον όρο γκριζο σώμα. Για λόγους επιστημονικής ορθότητας δε χρησιμοποιούμε αυτό τον όρο εδώ – ένα γκριζο σώμα είναι ένα είδους

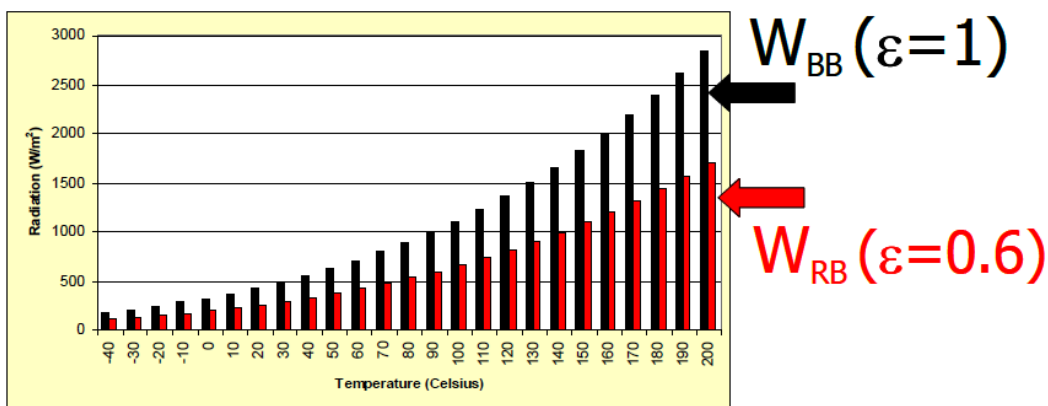
πραγματικό σώμα, αλλά δεν είναι όλα τα πραγματικά σώματα γκρίζα. Ο ορισμός του γκρίζου σώματος απαιτεί μια συζήτηση φασματικής ακτινοβολίας η οποία δεν περιλαμβάνεται στο Επίπεδο 1.

Νόμος του Stefan Boltzmann για πραγματικά σώματα

Συζητήσαμε νωρίτερα το νόμο του Stefan Boltzmann για πραγματικά σώματα και πώς μας έδειξε ότι η ένταση ακτινοβολίας από ένα μέλαν σώμα συνδέεται με την απόλυτη θερμοκρασία υψωμένη στην τέταρτη δύναμη. Τι γίνεται αν ο στόχος μας δεν είναι Μέλαν Σώμα αλλά Πραγματικό Σώμα? Τότε θα εκπέμπει λιγότερη ακτινοβολία από ότι ένα Μέλαν Σώμα σε οποιαδήποτε θερμοκρασία! Το μόνο που χρειάζεται για να κάνουμε έγκυρη την εξίσωσή μας για πραγματικά σώματα είναι να εισάγουμε τον παράγοντα εκπομπής. Θα έχουμε αυτόν τον τύπο:

$$W_{RB} = \epsilon \sigma T^4 \quad (11.4)$$

Αν πάρουμε το προηγούμενο γράφημα στηλών και εισάγουμε τιμές για πραγματικό σώμα με εκπομπή της τάξεως του 0,6 για παράδειγμα, θα μοιάζει κάπως έτσι:



Σχήμα 11.12 Ακτινοβολία από ένα πραγματικό σώμα σε σύγκριση με ένα μέλαν σώμα στις ΙΔΙΕΣ θερμοκρασίες

Ένα μέλαν σώμα στους 90 °C και ένα πραγματικό σώμα (με εκπομπή 0,6) στους 140 °C θα ακτινοβολούν εξίσου περίπου 1000 W/m². Θα φαίνονται τα ίδια στην υπέρυθη κάμερα, εάν εισάγαμε μια εκπομπή της τάξεως του 1 στην κάμερα μας και κοιτάζαμε σε ένα πραγματικό σώμα στους 140 °C, η κάμερα θα μας έλεγε ότι είναι μόνο 90 °C. Το πραγματικό μας σώμα δεν εκπέμπει κάποια από την ένταση ακτινοβολίας που θα εξέπεμπε ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Ένα μετατρέψουμε απευθείας την ένταση ακτινοβολίας σε θερμοκρασία, χωρίς να αντισταθίσουμε για την ‘χαμένη’ ακτινοβολία, θα πάρουμε ένα πολύ χαμηλό αποτέλεσμα.

Αντιστάθμιση για τη ‘χαμένη’ ακτινοβολία

Οι κάμερες μας είναι βαθμονομημένες για μέλανα σώματα. Έτσι μόνο ακτινοβολία μέλαν σώματος μπορεί να μετατραπεί σε θερμοκρασία.

Πρέπει να αντισταθίσουμε την ακτινοβολία Πραγματικού Σώματος, W_{RB} , για τις συνέπειες της εκπομπής. Ας δούμε τον ορισμό της ικανότητας εκπομπής:

Ικανότητα εκπομπής είναι ο λόγος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα Πραγματικό Σώμα προς την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα Μέλαν Σώμα, με ίδια θερμοκρασία και ίδιο μήκος κύματος.

Αναφέρει ότι η εκπομπή είναι ένας λόγος. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε κάτι που διαιρείται με κάτι άλλο. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε το λόγο της ακτινοβολίας από ένα πραγματικό σώμα προς την ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος στην ίδια θερμοκρασία. (Γιατί πρέπει να πούμε στο 'ίδιο μήκος κύματος 'είναι μέρος ενός μεγαλύτερου θέματος που δεν το αναφέρουμε εδώ. Δεν είναι απαραίτητο για αυτό που μαθαίνουμε τώρα).

Έτσι η εκπομπή μπορεί πολύ απλά να είναι η ένταση ακτινοβολίας από το πραγματικό μας σώμα, διαιρεμένη με την ένταση ακτινοβολίας που θα είχε αν ήταν μέλαν σώμα. Αν το θέσουμε αυτό σαν εξίσωση, θα πάρουμε την παρακάτω σχέση:

$$\epsilon = \frac{W_{RB}}{W_{BB}} \quad (11.5)$$

Που μπορεί να ξαναγραφτεί σαν

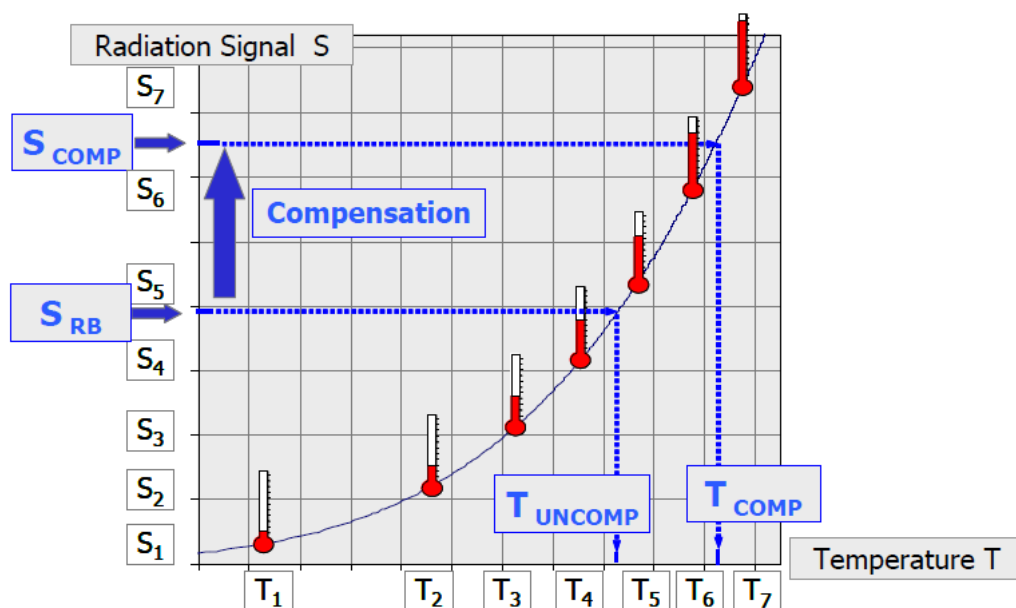
$$W_{BB} = \frac{W_{RB}}{\epsilon} \quad (11.6)$$

Έτσι αν ξέρουμε την ακτινοβολία πραγματικού σώματος, πρέπει να τη διαιρέσουμε με την εκπομπή για να πάρουμε την αντίστοιχη ακτινοβολία μέλανος σώματος του στόχου. Αυτό θα ακτινοβολούσε αν ήταν μέλαν σώμα.

Υπολογισμός θερμοκρασίας

Όταν η κάμερα είναι βαθμονομημένη, θα βλέπει έναν αριθμό μελανών σωμάτων και για κάθε ένα ο ανιχνευτής θα αποδίδει ένα συγκεκριμένο σήμα που συνδέεται με τη θερμοκρασία του μέλανος σώματος. Για ένα μέλαν σώμα, δε χρειάζεται να κάνουμε καμία αντιστάθμιση – το σήμα που διαβάζει το όργανο μπορεί άμεσα να συνδεθεί με τη θερμοκρασία του μέλανος σώματος.

Η ισχύς του σήματος που διαβάζει το όργανο από ένα πραγματικό σώμα, θα είναι πιο αδύναμη απ' αυτήν ενός μέλανος σώματος. Θα είναι αναλογικά η ίδια με τη σχέση μεταξύ των εντάσεων ακτινοβολία από πραγματικά σώματα και μελανά σώματα όπως περιγράφηκε παραπάνω.



Σχήμα 11.13 Αντιστάθμιση σήματος αντικειμένου στην κάμερα

S_{RB} είναι το σήμα που λαμβάνει η κάμερα από το αντικείμενο αφού αντισταθμίσει τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις και αφαιρέσει το ανακλώμενο συστατικό στοιχείο. Αν αφήναμε την κάμερα να μας διαβάσει μια θερμοκρασία, χωρίς αντιστάθμιση, θα ήταν η $T_{a \text{ UNCOMP}}$. Αυτή η ανάγνωση θερμοκρασίας θα ήταν πολύ χαμηλή. Αν διαιρέσουμε το S_{RB} με την εκπομπή του στόχου, θα πάρουμε το S_{COMP} . Το σήμα αντικειμένου είναι τώρα αντισταθμισμένο για να γίνει στην ίδια θερμοκρασία σαν μέλαν σώμα και θα διαβάζουμε T_{COMP} . Έτσι μετριέται η σωστή θερμοκρασία!

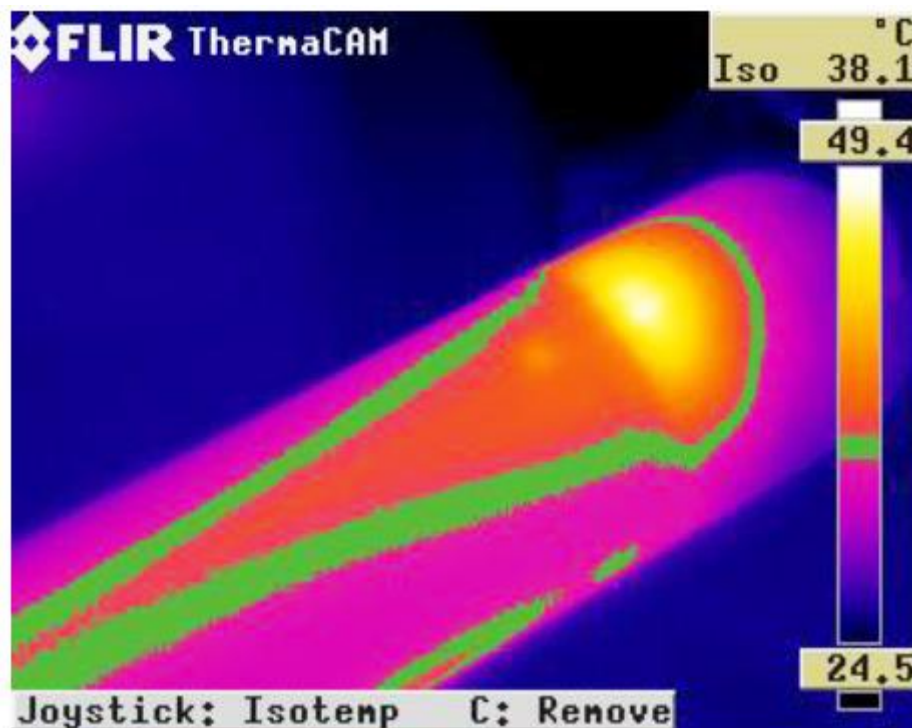
11.8 Μετρητικά εργαλεία κάμερας

Η κάμερα μπορεί να περιέχει ένα πλήθος διαφορετικών λειτουργιών μέτρησης, και αρκετές παραλλαγές τους. Σε αυτό το εγχειρίδιο θα εξηγήσουμε τις πιο σημαντικές.

- Ισοθερμικό –παγκοσμίως χρήσιμο
- Σημείο (στίγμα)-καλό για μεγαλύτερες περιοχές χωρίς κλίσεις πχ θερμοκρασίες παρασκηνίου (φόντου).
- Περιοχή –δείχνει το μέγιστο, ελάχιστο ή μέσο όρο σε ένα κουτί ή κύκλο.
- Προφίλ –καλό για ανάλυση κατακόρυφων ή οριζόντιων σχεδίων(μοτίβων).

Παρακαλώ ανατρέξτε στο εγχειρίδιο της κάμερά σας για πληροφορίες άλλων λειτουργιών και παραλλαγών.

Ισοθερμικό

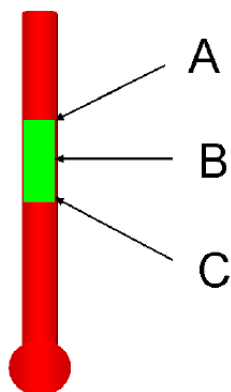


Σχήμα 11.14 Το ισοθερμικό αντικαθιστά χρώματα στην κλίμακα με άλλα που κάνουν αντίθεση.

Το ισοθερμικό αντικαθιστά χρώματα στην κλίμακα με αντιθετικό χρώμα. Συνήθως δείχνει ένα διάστημα ίσης έντασης ακτινοβολίας (εμφανής θερμοκρασίας), με ένα συγκεκριμένο πλάτος. Αυτό το κάνει

κατάλληλο για ανάλυση εικόνας επίσης, όπως έχει συζητηθεί και νωρίτερα. Το ισοθερμικό είναι καλό για ανάλυση μέσα στον τομέα, επειδή μπορεί να δείχνει σχέδια (μοτίβα) καθώς και να μετράει θερμοκρασία. Είναι επίσης καλό για σύγκριση θερμοκρασίας σε διάφορα μέρη της εικόνας. Αν μετράτε σε ένα μέρος θα σας δείξει και όλα τα άλλα μέρη που έχουν αυτή την εμφανή θερμοκρασία. Μπορεί να είναι ακατάλληλο για αναφορές επειδή καλύπτει ένα μέρος της εικόνας, και μπορεί να διαβάσει την αναφορά κάποιος που δεν ξέρει τι είναι το ισοθερμικό. Το ισοθερμικό μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί και σε μια ζωντανή εικόνα γιατί δεν αντιδρά μόνο σε ένα σημείο της εικόνας, σαν το εργαλείο σημείου (στίγματος).

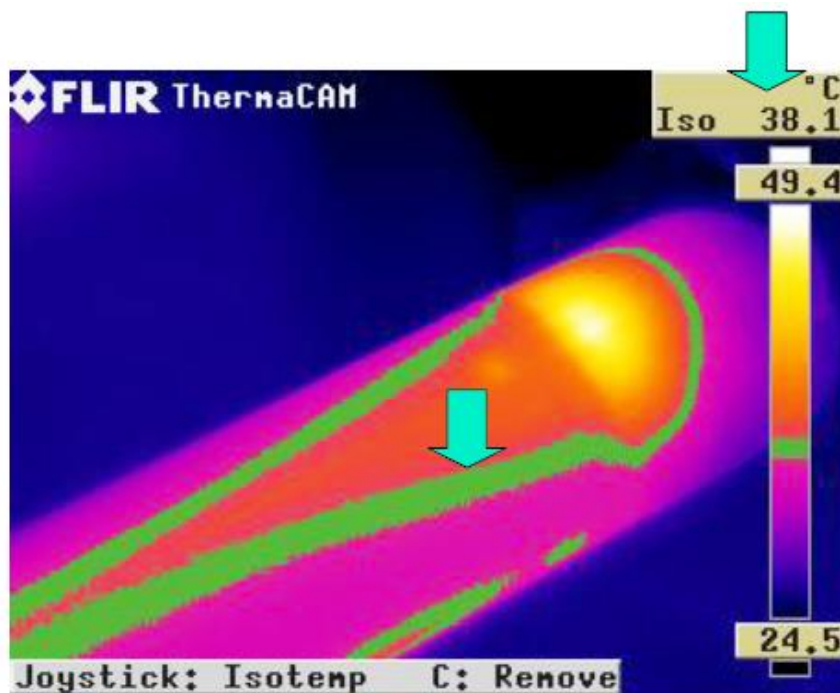
Ισόθερμη-μέτρηση



Σχήμα 11.15 Αρχή του ισοθερμικού

Αυτή η αρχή είναι τυπική για αυτό που λέμε 'διάστημα' ισοθερμικού. Το πλάτος του ισοθερμικού είναι A μείον C και συνήθως εκφράζεται σε βαθμούς (σε οποιαδήποτε κλίμακα είναι ρυθμισμένη η κάμερα).

Επειδή το πλάτος μπορεί να τεθεί πολύ πλατιά αν θέλουμε, είναι απαραίτητο να ξέρουμε ακριβώς που πάρθηκε η μέτρηση. Η μέτρηση συνήθως παίρνεται στο A και με κάποιες κάμερες στο B.



Σχήμα 11.16 Μέτρηση με ισοθερμικό σε λάμπα γραφείου.

Η κάμερά σας μπορεί να είναι εξοπλισμένη με ένα ισοθερμικό που έχει ένα διάστημα που είναι ανοιχτό σε κάθε του άκρη, ένα όπως λέμε 'πάνω' ή 'κάτω' ισοθερμικό. Θα δείξει το χρώμα του ισοθερμικού από την θερμοκρασία που έχουμε θέσει και απείρως -αναλόγως την κατεύθυνση- πάνω ή κάτω. Ένα 'πάνω' ισοθερμικό θα μετρήσει στο C, επειδή το A και το B δεν μπορούν να οριστούν.

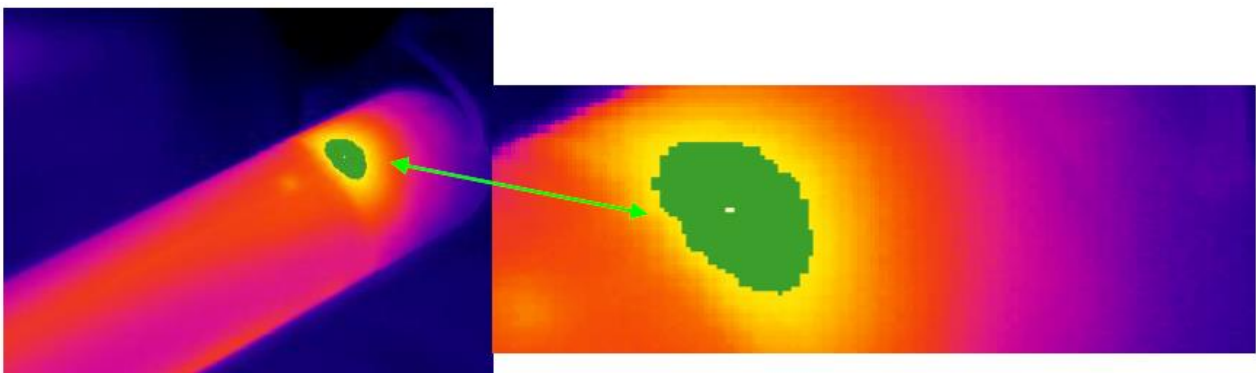
Σε αυτή την εικόνα η ένδειξη θερμοκρασίας (38.1 °C) πάρθηκε στο εσωτερικό του ισοθερμικού. Οτιδήποτε μέσα στην πράσινη γραμμή είναι 38.1 °C, ή περισσότερο. Αν το πλάτος είναι 2°C, οτιδήποτε έξω από το ισοθερμικό είναι 36.1°C ή λιγότερο.

Πρέπει να ανακαλύψετε πού μετράει το ισοθερμικό σας. Αν μετράει στο B, πρέπει να χρησιμοποιήσετε ένα στενό ισοθερμικό όταν μετράτε ένα ζεστό σημείο, επειδή μπορεί να είναι δύσκολο να γνωρίζετε ακριβώς πού έχει εξαφανιστεί το μισό σας ισοθερμικό από το ζεστό σημείο.

Ο τρόπος που συμπεριφέρεται το ισοθερμικό εξαρτάται και λίγο από την ρύθμιση της εικόνας. Εάν δείτε ότι το ισοθερμικό σας πηδάει πολύ μακριά για κάθε βήμα προσαρμογής που κάνετε, προσπαθήστε να θέσετε ένα μικρότερο άνοιγμα. Αυτό θα κάνει την 'ανάλυση' (ευκρίνεια) του ισοθερμικού καλύτερη.

Στα περισσότερα όργανα το ισοθερμικό μετράει μόνο ΕΝΤΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ. Όταν μεταβαίνει εκτός κλίμακας, ο αριθμός μέτρησης θα συνεχίσει να αλλάζει, αλλά το ισοθερμικό θα φαίνεται το ίδιο στην εικόνα ανεξάρτητα από την τιμή. Η μέτρησή σας θα είναι λάθος! Για να αποφύγετε τα λάθη, σιγουρευτείτε ότι το χρώμα του ισοθερμικού ποτέ δεν εμφανίζεται στα κουτάκια έξω από τα άκρα της κλίμακας. Στην παραπάνω εικόνα (11.16), εκείνα τα κουτάκια είναι άσπρα (κορυφή, πάνω από 49.4) ή μαύρα (πάτος, κάτω από 24.5).

Ισόθερμη-το πιο ζεστό σημείο



Σχήμα 11.17 Εύρεση του πιο ζεστού στίγμα σε ένα ζεστό σημείο. (Η δεξιά εικόνα είναι μεγεθυμένη)

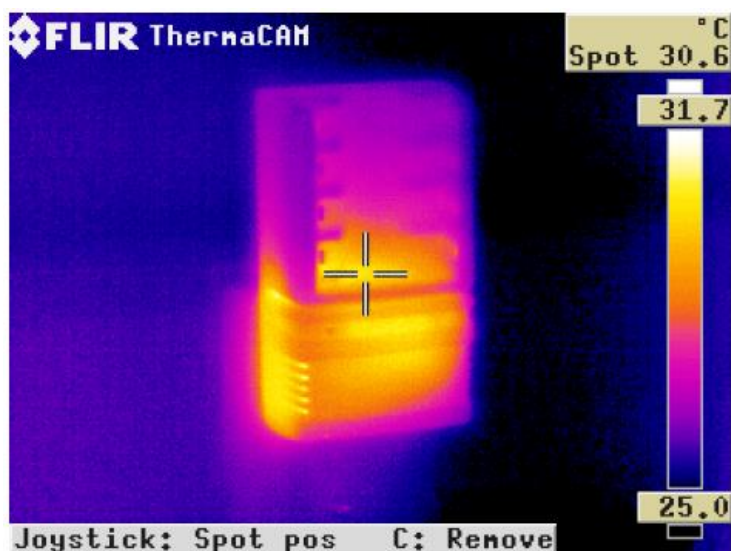
Με το που κλείσει το ισοθερμικό, καθώς το κινείτε προς τα πάνω στην κλίμακα, έχετε βρει το πιο ζεστό στίγμα! Εάν το ισοθερμικό σας είναι τύπου που μετράει 'A' και πάνω, μπορείτε επίσης να διαβάσετε και τη θερμοκρασία του πιο ζεστού σημείου. Εάν είναι τύπου 'B', πρέπει να πάτε ακόμα μισό πλάτος ισοθερμικού προς τα πάνω για να μετρήσετε. Ο τύπος 'C' (πάνω) θα μετρήσει τη θερμοκρασία σωστά με το που εξαφανιστεί.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το ισοθερμικό για να τοποθετήσετε έναν μετρητή σημείου ακριβώς στην τοποθεσία του πιο ζεστού σημείου. Αυτό είναι χρήσιμο αν το προτιμώμενο μετρητικό εργαλείο στην αναφορά σας είναι το σημείο. Εάν αποθηκεύσετε την εικόνα με τους μετρητές σημείων στα μέρη που τους

Θέλετε, μπορείτε να αφήσετε το λογισμικό να τις εισάγει από το φάκελο εικόνας για εσάς, και δεν χρειάζεται να κάνετε τίποτα παραπάνω καθώς γράφετε την αναφορά.

Το ζουμ είναι χρήσιμο σε αυτή την κατάσταση, για να δείτε τα εικονοστοιχεία (πίξελ) πιο κοντά.

Μετρητής σημείου



Σχήμα 11.18 Το στόχαστρο μετρητή σημείου υποδεικνύει το μέγεθος στόχου που χρειάζεται για τη μέτρηση

Ένα στόχαστρο σημαδεύει την τοποθεσία του μετρούμενου σημείου. Πολλές κάμερες έχουν ένα μετρητή σημείου όπου το μέγεθος υποδεικνύει πόσο μεγάλη είναι η περιοχή μέτρησης του σημείου. Στην παραπάνω εικόνα, η περιοχή μέσα στις εσωτερικές άκρες του στόχαστρου υποδεικνύει εκείνη την περιοχή.

Για μια ακριβή μέτρηση, ο στόχος σας πρέπει να γεμίζει το εσωτερικό του σημείου. Αν δεν γίνεται αυτό κινηθείτε πιο κοντά ή χρησιμοποιήστε έναν τηλεφακό.

Ο μετρητής σημείου μπορεί σπάνια να χρησιμοποιηθεί και για εντοπισμό του πιο ζεστού στίγματος σε ένα ζεστό σημείο. Εάν τοποθετήσετε τον μετρητή σε ένα ζεστό σημείο χωρίς να χρησιμοποιήσετε τη βοήθεια του ισοθερμικού δεν θα μπορέσετε να μετρήσετε την υψηλότερη τιμή.

Είναι πολύ καλό για αναφορές. είναι μία απλή και αυτό-επεξηγηματική λειτουργία που εύκολα κατανοούν οι άνθρωποι και δείχνει το μέρος όπου γίνεται η μέτρηση. Επίσης δεν παραφορτώνει την εικόνα τόσο πολύ.

Περιοχή

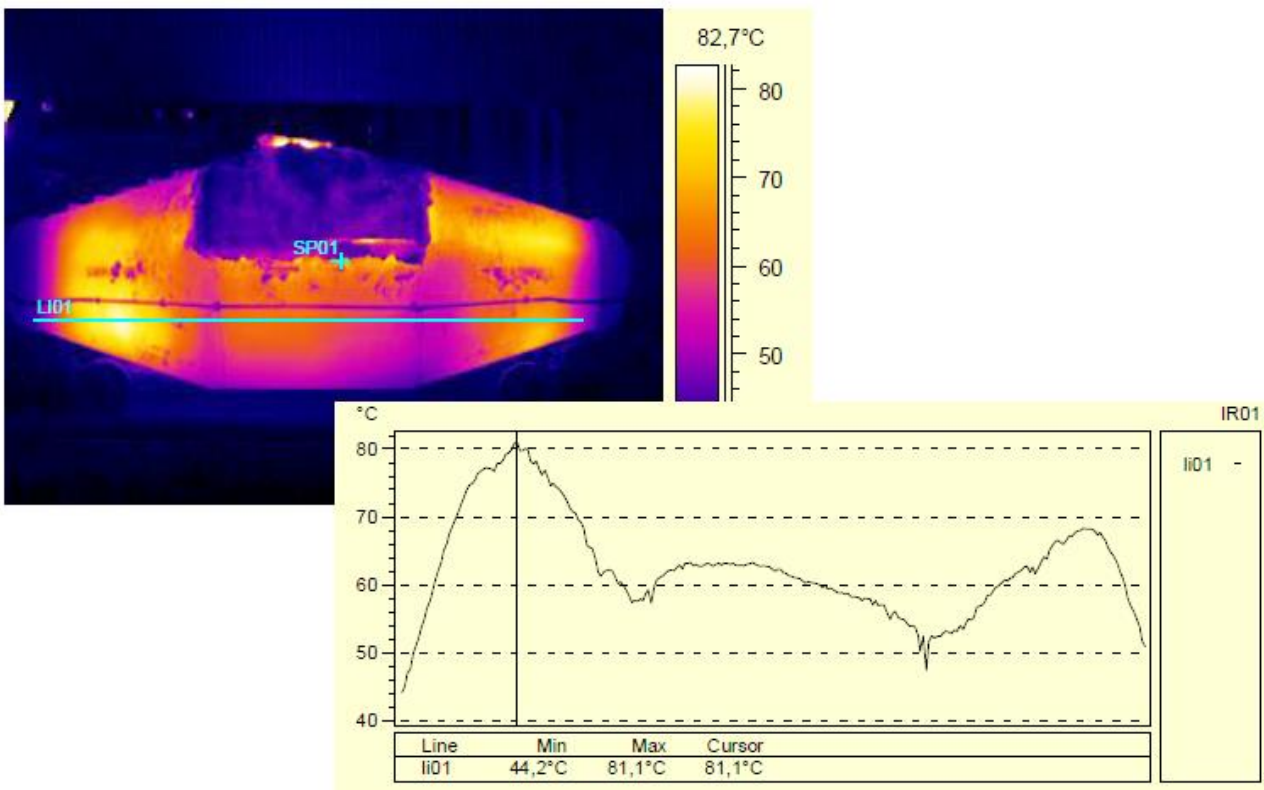
Μία περιοχή δίνει τη μέγιστη, την ελάχιστη ή τη μέση θερμοκρασία μέσα σε ένα κουτί ή σε έναν κύκλο (συνήθως). Το καλό με τη περιοχή είναι ότι εξουδετερώνει την βέλτιστη-ρύθμιση για την εύρεση της υψηλότερης ή της χαμηλότερης θερμοκρασίας. Από την άλλη δείχνει την θερμοκρασία αλλά όχι την τοποθεσία του ζεστού/κρύου σημείου.



Σχήμα 11.19

Είναι αρκετά καλή για αναφορές. Δεν δείχνει ακριβώς που πάρθηκε η θερμοκρασία, μόνο στο περίπου. Επίσης καταλαμβάνει λίγο παραπάνω χώρο στην περιοχή εικόνας, αλλά όχι πολύ. Πολλοί θερμογράφοι χρησιμοποιούν μια μικρή περιοχή καθώς σαρώνουν, για να πάρουν γρήγορα ενδείξεις θερμοκρασίας.

Προφίλ



Σχήμα 11.20 Λειτουργία προφίλ χρησιμοποιούμενη σε τορπιλοσκάφος (σκεύος για λιωμένο μέταλλο)

Το προφίλ δείχνει μία καμπύλη θερμοκρασίας που χαράσσεται από μία γραμμή στην εικόνα. Στην κάμερα μπορεί να φανεί μόνο σε οριζόντια ή κατακόρυφη κατεύθυνση. Στο λογισμικό του υπολογιστή μπορεί να είναι σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Το προφίλ λειτουργεί καλύτερα στο λογισμικό του υπολογιστή. Η λειτουργία στην κάμερα δεν μπορεί ποτέ να είναι τόσο εκλεπτυσμένη όσο στο λογισμικό. Σε πολλές κάμερες, ένα ζωντανό προφίλ καθυστερεί τις λειτουργίες της κάμερας, επειδή χρησιμοποιεί πολύ από την υπολογιστική δύναμη του επεξεργαστή.

Μπορεί να εισαχθεί ένας δείκτης (κέρσορας), και στην κάμερα και στο λογισμικό, που δείχνει τη θερμοκρασία σε ένα συγκεκριμένο στίγμα κατά μήκος του προφίλ. Αυτός ο δείκτης μπορεί να μετακινηθεί και λειτουργεί ακριβώς όπως ένας μετρητής σημείου.

Το προφίλ είναι καλό για ανάλυση σχεδίων (μοτίβων), πχ για μηχανές χαρτιού, σωλήνες, σκεύη. Είναι καλό για αναφορές εφόσον συμβάλει στην κατανόηση του αναφερόμενου. Όταν δεν μπορεί να συμβεί αυτό είναι καλύτερο να το αποφεύγουμε, επειδή καταλαμβάνει πολύ χώρο στην σελίδα.

11.9 Συντελεστής εκπομπής

Υπάρχουν έξι διαφορετικοί που επηρεάζουν το συντελεστή εκπομπής. Είναι οι εξής:

- Υλικό – Διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετική εκπομπή
- Δομή επιφάνειας – Η δομή της επιφάνειας επηρεάζει την εκπομπή
- Γεωμετρία – Η γεωμετρία του στόχου είναι κάποιες φορές ένας σημαντικός παράγοντας
- Γωνία – Η γωνία θέασης επηρεάζει την ενεργή εκπομπή μιας επιφάνειας
- Μήκος κύματος – Εκπομπές πανομοιότυπων επιφανειών μπορεί να διαφέρουν με μακρού και μεσαίου μήκους κάμερες.
- Θερμοκρασία – Μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία επηρεάζουν μερικές φορές την εκπομπή της επιφάνειας

Χρώμα και εκπομπή

Υπάρχει μια κοινή παρανόηση που πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ευθύς αμέσως: Το ορατό χρώμα δεν είναι παράγοντας εκπομπής. Το ορατό χρώμα αλλάζει τον τρόπο που μία επιφάνεια αντανακλά και απορροφά ορατό φως. Οι υπέρυθρες κάμερές μας δεν μπορούν να δουν καθόλου το ορατό φως, και για αυτό το λόγο μένουν ανεπηρέαστες από το χρώμα.

Η πηγή της παρανόησης είναι πιθανώς ο τρόπος που το χρώμα ίσως επηρεάζει την απορρόφηση του ορατού φωτός. Το ηλιακό φάσμα έχει πολύ πιο δυνατή ισχύ ακτινοβολίας στο ορατό από ότι σε οποιοδήποτε άλλο φάσμα. Αυτό σημαίνει ότι αν ένα συγκεκριμένο χρώμα έχει μια ικανότητα να απορροφά περισσότερο ηλιακό φως από ένα άλλο χρώμα, θα γίνει θερμότερο στο ηλιακό φως. Για αυτό ένα μαύρο αυτοκίνητο θα γίνει πιο ζεστό στον ήλιο από ένα κίτρινο για παράδειγμα. Και συνεπώς θα ακτινοβολεί περισσότερο στο υπέρυθρο, και θα φαίνεται πιο ζεστό στην κάμερα. Αλλά αυτό συμβαίνει επειδή είναι όντως πιο ζεστό! Όχι επειδή η εκπομπή είναι απαραίτητα διαφορετική για αυτά τα χρώματα.

Μερικές φορές υπάρχει σύγχυση εξάλλου σχετικά με την αιτία και το αποτέλεσμα. Εάν έχουμε μία συγκεκριμένη μογιά για παράδειγμα, και προσθέσουμε κάποιο συστατικό για να αλλάξουμε το χρώμα, αυτό ίσως αλλάξει την εκπομπή. Αλλά όχι επειδή άλλαξε το χρώμα! Έχουμε προσθέσει ένα νέο υλικό στο

χρώμα! Αυτό έχει αλλάξει στο υπέρυθρο. Εάν τυχόν αλλάξει και η οπτική εμφάνιση αυτής της μπογιάς, και πάλι δεν έχει σχέση με την εκπομπή. Η αιτία είναι η αλλαγή στη σύσταση του υλικού, και το αποτέλεσμα είναι ότι το χρώμα μπορεί να αλλάξει, ή η εκπομπή μπορεί να αλλάξει ή και τα δύο.

Συνέπειες του συντελεστή εκπομπής

Πώς αλλάζουν οι διαφορετικοί παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω την εκπομπή μίας επιφάνειας? Ας τους δούμε έναν προς έναν! Θα τους καλύψουμε φευγαλέα με σειρά προτεραιότητας στην καθημερινή μας ζωή σαν θερμογράφους, ξεκινώντας με τους πιο σημαντικούς και θα συνεχίσουμε προς τα κάτω.

Υλικό – Μη μεταλλικά Υλικά

Τα μεταλλικά και τα μη μεταλλικά είναι ξεκάθαρα διαφορετικού τύπου επιφάνειες, όσον αφορά την ικανότητα εκπομπής. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι τα μη-μεταλλικά είναι πιο εύκολα για να δουλέψουν και τα μεταλλικά είναι πιο δύσκολα.

Τα μη μεταλλικά έχουν συνήθως αρκετά υψηλή εκπομπή. Συμβουλευτείτε το τμήμα παραπομπών για παραδείγματα. Συνήθως έχουν μικρή παραλλαγή μεταξύ δειγμάτων, ένα τούβλο δεν διαφέρει πολύ από ένα άλλο τούβλο, ακόμα και είναι διαφορετικές μάρκες. Σε αντίθεση με τα μεταλλικά που οξειδώνονται, τα μη μεταλλικά συνήθως δεν αλλάζουν την εκπομπή τους αρκετά με την πάροδο του χρόνου, εκτός εάν καλυφθούν με σκόνη (που σε αυτή την περίπτωση το υλικό θα έχει αλλάξει) ή υποστούν φθορές (που σε αυτή την περίπτωση η δομή της επιφάνειας θα έχει αλλάξει).

Υλικό – Μεταλλικά Υλικά

Καθαρά, λεία, μη οξειδωμένα μέταλλα έχουν πολύ χαμηλή εκπομπή, περίπου στο 0.05. Μπορεί να είναι ακόμα πιο χαμηλή εάν η επιφάνεια είναι ιδιαίτερα σιλβωμένη. Είπαμε στην αρχή αυτού του μέρους ότι καθώς πλησιάζουμε την μηδενική εκπομπή, πλησιάζουμε και την απόλυτη δυσκολία στην μέτρηση θερμοκρασίας.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας σε πολύ ανακλαστικές επιφάνειες πρέπει να αποφεύγεται. Μια καλή λύση είναι να καλύψουμε με κάποιο υψηλής εκπομπής υλικό που είναι αρκετά λεπτό ώστε να μην μονώνει. Η μαύρη μονωτική ταινία έχει υψηλή εκπομπή το ίδιο και η μαύρη μπογιά που μπορείτε να βρείτε σε καταστήματα αξεσουάρ αυτοκινήτου. (Όχι επειδή το χρώμα είναι μαύρο αλλά επειδή η σύσταση του υλικού είναι καλή). Η ταινία έχει το πλεονέκτημα ότι είναι αφαιρούμενη αλλά δεν μπορείτε να καλύψετε μεγάλες επιφάνειες.

Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τίποτα που εξατμίζεται καθώς μετράται γιατί θα μεταβάλλει τη θερμοκρασία της επιφάνειας. Αυτός είναι ένας λόγος που δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε νερό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι οτιδήποτε ψεκάσετε ή βιάψετε πρέπει να στεγνώσει εντελώς πριν την μέτρηση.

Μια φυσική επικάλυψη των μετάλλων είναι η οξείδωση. Συνήθως δεν είναι ευπρόσδεκτη αλλά στο υπέρυθρο είναι ένα πλεονέκτημα. Τα παχιά μεταλλικά οξείδια έχουν υψηλή εκπομπή περίπου 0.95. Καθώς αναπτύσσεται η στρώση οξείδωσης η εκπομπή αυξάνεται. Η διαδικασία μπορεί να πάρει και χρόνια ή και δεκαετίες εξαρτώμενη από το υλικό και το περιβάλλον. Κάποιες φορές η οξείδωση σχεδόν σταματά για παράδειγμα σε εσωτερικούς χώρους. Η υψηλής τάσης διακόπτες εσωτερικού χώρου είναι ένα τυπικό παράδειγμα αναμενόμενης χαμηλής εκπομπής. Ο εξοπλισμός προστατεύεται από οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει οξείδωση.

Η εκπομπή επιφάνειας των μετάλλων θα κυμαίνεται μεταξύ σχεδόν μηδέν και σχεδόν ένα, αναλόγως του βαθμού οξειδωσης. Αυτό δημιουργεί αρκετή ασάφεια για εμάς του θερμογράφους όταν δεν μπορούμε να μετρήσουμε την εκπομπή ή όταν δεν μπορούμε να επικαλύψουμε την επιφάνεια.

Επίσης θα επηρεάζονται και όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες (δομή επιφάνειας, γεωμετρία, κτλ).

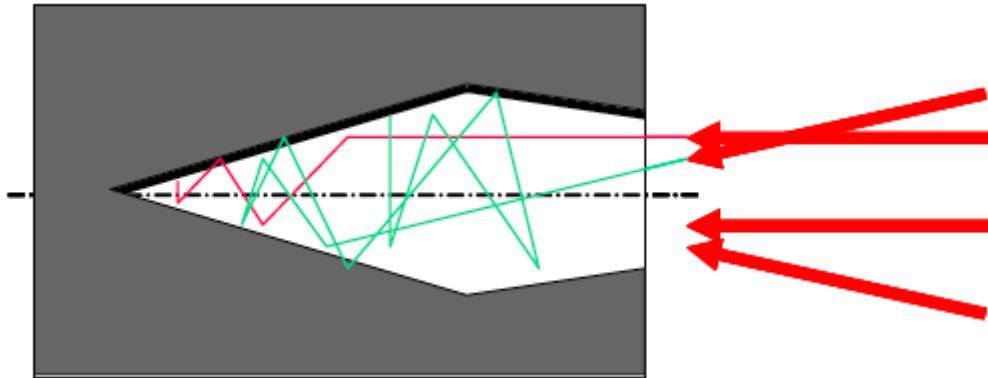
Δομή επιφάνειας

Όσο πιο άγρια η επιφάνεια, τόσο πιο υψηλή η εκπομπή. Οι στιλβωμένες, γυαλιστερές και απαλές επιφάνειες έχουν χαμηλή εκπομπή, ενώ οι επιφάνειες με κατεργασία αμμοβολής, γυαλόχαρτου ή οι γρατζουνισμένες έχουν υψηλότερη εκπομπή. Πέρα από την αλλαγή του υλικού, η οξειδωση μπορεί να αλλάξει την δομή της επιφάνειας επίσης, κάνοντας το πιο άγριο.

Πρέπει οπτικά να διαπιστώνουμε πόσο καλά πιστεύουμε ότι θα αντανακλά και θα απορροφά μία επιφάνεια. Εάν φαίνεται θαμπή, πιθανώς να έχει υψηλότερη εκπομπή, εάν φαίνεται πολύ απαλή πιθανώς έχει χαμηλότερη εκπομπή. Αυτό ακούγεται εύκολο, αλλά δεν είναι. Είναι σε ένα μεγάλο βαθμό θέμα εμπειρίας.

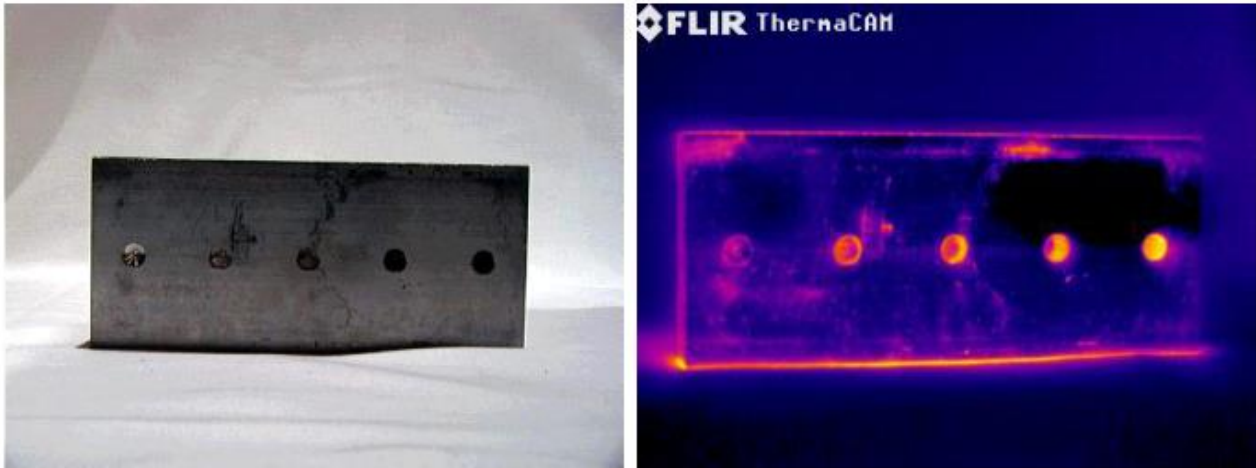
Γεωμετρία

Γεωμετρία σημαίνει το φυσικό σχήμα του στόχου. Είναι επίπεδος ή σφαιρικός? Είναι κοίλος? Έχει τρύπες ή κοιλότητες? Ο τρόπος που δουλεύει αυτός ο παράγοντας είναι ότι οι κοιλότητες και οι τρύπες αρχίζουν και συμπεριφέρονται όπως ο εξομοιωτής ενός μέλανος σώματος. Πολλαπλές αντανακλάσεις μεταξύ επιφανειών θα αυξήσουν την απορρόφηση, και κατ' επέκταση την εκπομπή.



Σχήμα 11.21 Πολλαπλές ανακλάσεις προκαλούν αύξηση της απορρόφησης

Η γεωμετρία και η δομή επιφάνειας σχετίζονται μεταξύ τους. Η δομή επιφάνειας μπορεί να θεωρηθεί ένα γεωμετρικό φαινόμενο σε μια κλίμακα μικροσκοπίου. Αλλά δεν είναι το ίδιο πράγμα, επειδή μπορούμε να αλλάξουμε τη γεωμετρία χωρίς να αλλάξουμε τη δομή επιφάνειας, και το αντίστροφο.

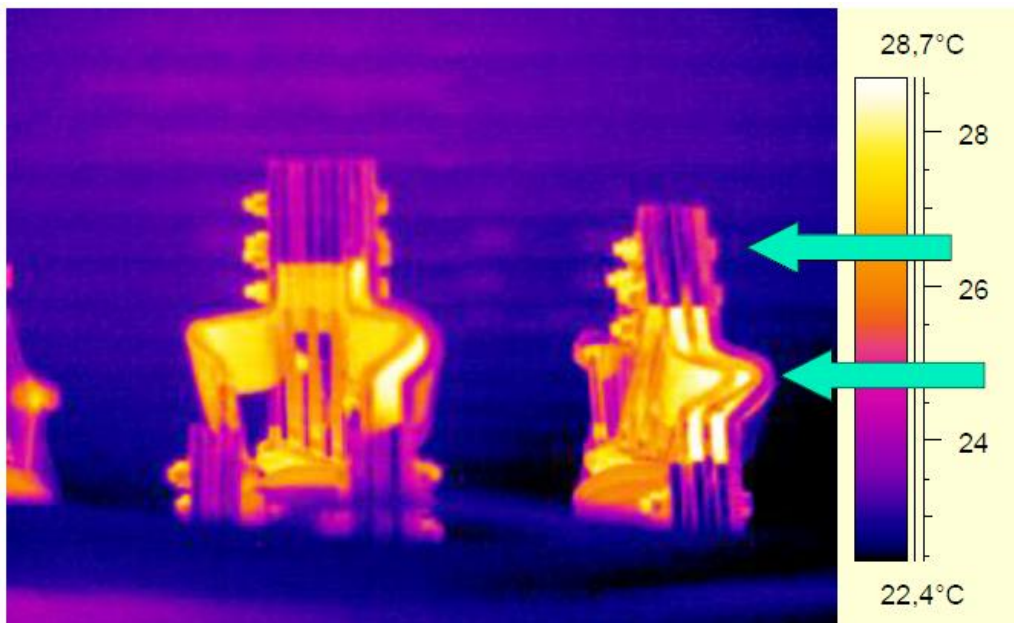


Σχήμα 11.22 Οι βαθύτερες τρύπες εμφανίζουν υψηλότερη φανερή θερμοκρασία

Σε αυτή την φωτογραφία και θερμική εικόνα βλέπουμε ένα ενιαίο κομμάτι αλουμινίου, με τρύπες από τρυπάνι. Η μόνη διαφορά είναι το βάθος των τρυπών-βαθύτερες από αριστερά προς δεξιά. Η δεξιά τρύπα φαίνεται πιο ζεστή από την πιο ρηχή, επειδή η εκπομπή της είναι υψηλότερη. Αυτό οφείλεται μόνο στην γεωμετρία, επειδή όλοι οι άλλοι πέντε παράγοντες είναι οι ίδιοι.

Όταν η εκπομπή του υλικού είναι χαμηλή, ο παράγοντας γεωμετρία μπορεί να σας σώσει, εάν δεν μπορείτε να αυξήσετε την εκπομπή με κανέναν τρόπο. Για παράδειγμα, αν συγκρίνουμε τρεις μεταλλικές γυαλιστερές μπάρες σε μια επίπεδη επιφάνεια μπορεί να μην έχουν διαφορά. Αλλά γύρω από τις βίδες και τις γωνίες όπου οι μπάρες ενώνονται και βιδώνονται μεταξύ τους ή σε άλλα σημεία όπου η γεωμετρία είναι ευνοϊκή, η εκπομπή μπορεί να είναι υψηλότερη. Το πόσο υψηλότερη είναι, δύσκολο να πούμε, οπότε αυτός ο παράγοντας δεν θα σας βοηθήσει όντως να μετρήσετε τη θερμοκρασία πολύ καλά. Αλλά θα σας βοηθήσει να δείτε εάν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας.

Γεωμετρία-παράδειγμα



Σχήμα 11.23 Επίπτωση της γεωμετρίας σε συστατικά χαλκού

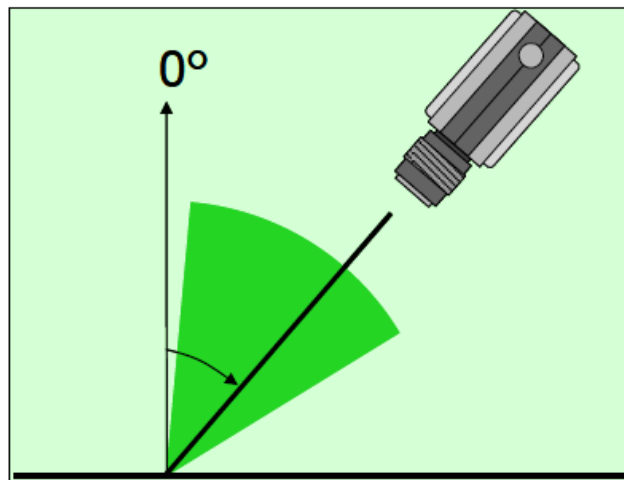
Αυτή η θερμική εικόνα δείχνει ένα παράδειγμα αυτού του φαινομένου. Βλέπουμε εύκαμπτες συνδέσεις μετασχηματιστή. Το άνω βέλος δείχνει μια περιοχή όπου η εμφανής θερμοκρασία είναι χαμηλή. Η εκπομπή είναι χαμηλή και η επιφάνεια αντανακλά τον τοίχο πίσω από το χειριστή της κάμερας. Το κάτω βέλος δείχνει μια περιοχή που υπάρχουν κενά μεταξύ των εύκαμπτων συνδέσεων και αντανακλούν ο ένας τον άλλο. Το αποτέλεσμα είναι ότι η εκπομπή είναι ενεργά υψηλότερη εκεί. Αυτό είναι λοιπόν μια εμφανής θερμοκρασία που είναι πιο κοντά στην πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. (Οι δύο εύκαμπτοι σύνδεσμοι στην εικόνα είναι λίγο διαφορετικά σχεδιασμένοι. Ο ένας έχει τρεις αγωγούς στην ίδια πλευρά, ο άλλος έχει μία στη μια πλευρά, και δύο στην άλλη. Για αυτό το λόγο φαίνονται λίγο διαφορετικοί, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πρέπει να θεωρούμε ότι ο ένας θα είναι πιο ζεστός από τον άλλο.)

Γωνία

Ο τρόπος με τον οποίο η γωνία επηρεάζει την εκπομπή θα διαφέρει μεταξύ διαφορετικών επιφανειών, αλλά γενικά δεν κάνει μεγάλη διαφορά για αυτό δεν θα εμβαθύνουμε πολύ σε αυτό.

Θα σας δώσουμε μία βασική καθοδήγηση για να αποφύγετε τα πιο κοινά λάθη.

Κάθετα στον στόχο σας, σε 0° γωνία θα ανακλάτε τον εαυτό σας! Αυτό δεν είναι ακριβώς φαινόμενο εκπομπής αλλά αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το πλαίσιο. Μην στέκεστε ακριβώς μπροστά από τον στόχο σας, επειδή τότε μπορεί ο εαυτός σας να είναι το πρόβλημα που λανθασμένα αναφέρετε σαν ζεστό σημείο!

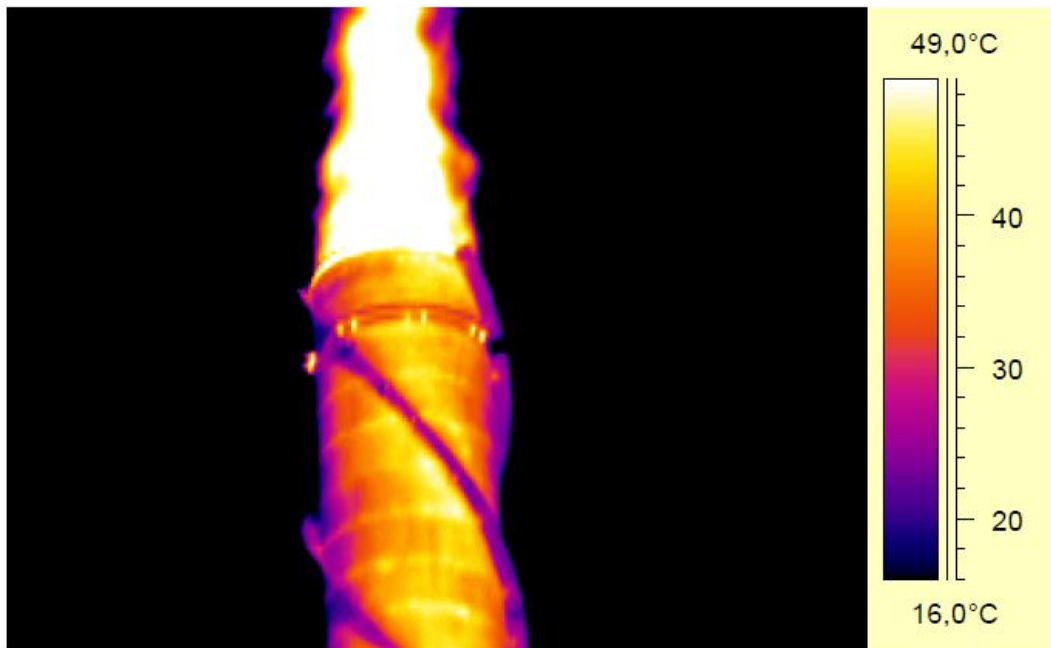


Σχήμα 11.24 Συνιστώμενη περιοχή θέασης του στόχου.

Εάν πλησιάσετε πολύ κοντά στις 90° γωνία, η εκπομπή θα αρχίσει να πέφτει. Μέσα στην περιοχή που φαίνεται σαν κομμάτι πίτσας είστε ΕΝΤΑΞΕΙ! Πολλές φορές μπορείτε να πλησιάσετε στη γωνία 90° . Μην θεωρείτε την κατάσταση αδιέξοδη εάν δεν μπορείτε να κινηθείτε στην συνιστώμενη περιοχή. Απλά να είστε πιο προσεκτικοί. Επίσης δεν θέλουμε να δίνουμε συγκεκριμένα μεγέθη γωνίας, γιατί δεν είναι ακριβή για κανέναν λόγο.

Σημείωση: αυτό που λέμε εδώ γωνία 0° , είναι αυτό που οι περισσότεροι άνθρωποι θα αποκαλούσαν γωνία 90° τουλάχιστον αν κάποιος ήταν ξυλουργός ή κάποιου είδους τεχνίτης. Αλλά στην οπτική επιστήμη, 0° είναι κάθετη στην επιφάνεια, και αυτό γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό όταν μελετάμε συγκεκριμένους επιστημονικούς όρους, αργότερα στο Επίπεδο 2.

Παράδειγμα Γωνίας



Σχήμα 11.25 Επιπτώσεις γωνίας σε μια καμινάδα.

Η καμινάδα φαίνεται πιο θερμή στη μέση, και πιο δροσερή κοντά στις άκρες (και στα σχήματος σπирάλ πτερύγια, αλλά για διαφορετικό λόγο). Μπορούμε να διακρίνουμε ότι ο καπνός ανεβαίνει κατευθείαν από την καπνοδόχο οπότε δεν έχουμε λόγο να υποπτευόμαστε ψύξη από τον αέρα που φυσάει.

Στη μέση κοιτάζουμε απευθείας στην καμινάδα. Κοντά στην άκρη, η γωνία γίνεται πιο οξεία.

Θα χρειαστείτε τρεις ή τέσσερις εικόνες για να την μετρήσετε περιμετρικά με ακρίβεια. Δύο εικόνες θα καλύψουν όλη την επιφάνεια, αλλά δεν θα είναι αρκετά καλές για μέτρηση της θερμοκρασίας. Για την ακρίβεια δεν επαρκούν ούτε για μία ποιοτική εκτίμηση.

Μήκος κύματος

Μία μέτρηση εκπομπής που έγινε με μία κάμερα δεν είναι και ότι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί με μια άλλη κάμερα. Αυτό ισχύει επειδή λειτουργούν σε διαφορετικά εύρη μήκους κύματος και η εκπομπή μπορεί να είναι διαφορετική, μαζί με τις άλλες ιδιότητες ακτινοβολίας φυσικά. Οι διαφορετικού τύπου ανιχνευτές για το ίδιο μήκος κύματος μπορεί επίσης να έχουν διαφορετική αντίδραση και δείχνουν διαφορές σχετικά με τον τρόπο που συμπεριφέρεται μία επιφάνεια.

Μια τυπική περίπτωση είναι οι ταινίες από πολυβυνιλοχλωρίδιο PVC. Η μαύρη ταινία σχεδόν πάντα έχει μια εκπομπή της τάξεως του 0.95 ή εκεί περίπου ανεξάρτητα από την κάμερα που χρησιμοποιείτε. Ωστόσο με τις ψυχρού εστιακού πλάνου κάμερες που δουλεύουν στο εύρος μεσαίου κύματος, κάποιες μαύρες μονωτικές ταινίες είναι διαφανής! Οπότε δεν μπορούν να χρησιμεύσουν σαν αναφορές εκπομπής. Από την άλλη οι χρωματισμένες μονωτικές ταινίες συνήθως έχουν παρόμοια εκπομπή με τις μαύρες σε μακριά κύματα. Στο μεσαίο κύμα, οι χρωματισμένες ταινίες μπορεί να είναι διαφανής, και οι μαύρες διαφανής.

Δοκιμάστε τις ταινίες πριν τις χρησιμοποιήσετε! Ελέγξτε τις βάζοντας τις μπροστά από μία ζεστή πηγή, προσαρμόστε την κάμερά σας και κοιτάξτε εάν μπορείτε να δείτε από μέσα τους. Εάν μπορείτε, είναι άχρηστες για οποιαδήποτε εργασία μέτρησης.

Και πάλι δεν είναι το χρώμα, αλλά το υλικό που αλλάζει την εκπομπή!

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του στόχου από μόνη της μπορεί να επηρεάζει την εκπομπή. Ωστόσο, είναι ασυνήθιστο και η επιρροή είναι σχετικά μικρή στις περισσότερες περιπτώσεις. Ευτυχώς, θα λέγαμε! Μπορεί να γίνει σαν την παροιμία 'η κότα έκανε το αυγό ή το αυγό την κότα' όταν δεν ξέρεις την θερμοκρασία, και πρέπει να την ξέρεις ώστε να μπορέσεις να μετρήσεις την εκπομπή, ώστε να μπορέσεις να μετρήσεις την θερμοκρασία...

Η εκπομπή των μετάλλων μπορεί να αυξηθεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σε έλεγχο φρένων, όπου θες να μετρήσεις την θερμοκρασία σε μία δισκόπλακα σε λειτουργία, είναι μία περίπτωση όπου η αλλαγή της εκπομπής με την θερμοκρασία είναι πραγματικό πρόβλημα. Οι θερμοκρασίες μπορούν να φτάσουν από θερμοκρασία δωματίου στους 1000 °C. Αυτό θα αλλάξει σημαντικά την εκπομπή.

Το μόνο πράγμα που πρέπει να σκεφτείτε σε αυτό το στάδιο είναι ότι πρέπει να κάνετε τεστ εκπομπής σε θερμοκρασίες που είναι σχετικά κοντά με τον στόχο που σας ενδιαφέρει. Τι είναι 'σχετικά κοντά'? Είναι δύσκολο να δώσουμε έναν γενικό κανόνα, αλλά εάν είστε σε περίπου διακόσιους βαθμούς Κέλβιν πάνω κάτω είστε εντάξει. Επίσης να θυμάστε ότι εάν αλλάξει η εκπομπή σας, είναι πιο πιθανόν να ανέβει. Εάν λοιπόν ξεκινάτε με έναν στόχο με υψηλή εκπομπή από την αρχή, δεν έχει μεγάλη πιθανότητα να ανέβει. Δεν μπορεί να ανέβει περισσότερο από 1.0!

Δοκιμή πιθανότητας σφάλματος

Πόσο σημαντικές είναι οι παράμετροι του αντικειμένου? Πόσο λάθος θα κάνουμε εάν θέσουμε λάθος τιμές?

Θα χρησιμοποιήσουμε την κάμερα για να μας δώσει τις απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις. Ταυτόχρονα, θα μάθετε μία τεχνική για την εκτίμηση του λάθους που είναι πολύ χρήσιμη στο πεδίο, όπου η εκτίμηση και η υπόθεση των παραμέτρων αντικειμένου είναι δύσκολη.

Στόχοι μαθήματος

- Γνώση του πώς λανθασμένες εισαγωγές (τιμών) επηρεάζουν την ακρίβεια της μέτρησης
- Γνώση της τεχνικής 'Εάν ?' για την εκτίμηση λάθους

Χρησιμοποιώντας το 'Εάν?'

Τα λάθη εξομοίωσης είναι πολύ απλά και χρήσιμα για να ανακαλύψετε πόσο ευαίσθητη είναι μια συγκεκριμένη κατάσταση μέτρησης. Αλλάζοντας τις τιμές εισόδου θα αναγκάσει την κάμερα να επαναυπολογίσει το αποτέλεσμα και μπορείτε να δείτε πόσο αλλάζει την μετρούμενη τιμή.

Εάν εκτιμήσετε μία εκπομπή περίπου 0.70, και η εμπειρία σας λέει ότι αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0.60 έως 0.80 εισάγεται αυτές τις τιμές και θα πάρετε ένα διάστημα θερμοκρασιών. Έπειτα μπορείτε να δείτε εάν και πώς αυτό αλλάζει την απόφαση που πρέπει να πάρετε βασιζόμενοι στην μέτρηση.

Σε αυτή τη δοκιμή, θα χρησιμοποιήσουμε την κάμερα σαν κομπιουτεράκι. Θα θεωρήσουμε συγκεκριμένες τιμές ότι είναι σωστές. Αυτές οι τιμές θα μας δώσουν ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα μέτρησης. Σε κάποια μοντέλα κάμερας μπορούμε να το κάνουμε αυτό με το ισοθερμικό, απλά πρέπει να το ρυθμίσουμε στη θερμοκρασία που επιλέγουμε.

Έπειτα θα προσποιηθούμε ότι 'μαντεύουμε λάθος' και θα δούμε τι θα συμβεί. Θα χρησιμοποιήσουμε δύο ρυθμίσεις τιμών. Μία όταν η εκπομπή είναι υψηλή και μία όταν η εκπομπή είναι χαμηλή. Οι 'σωστές' τιμές για την εκπομπή διαλέγονται έτσι ώστε να είμαστε ή 0.2 κάτω από ένα μέλαν σώμα πχ 0.8 ή 0.2 πάνω από έναν τέλειο ανακλαστήρα πχ 0.2

11.10 Αποφυγή ευσεβών πόθων

Η μέτρηση μίας θερμοκρασιακής διαφοράς δημιουργεί κάποιες πιθανότητες να ξεγελάσετε τον εαυτό σας, με το να πιστέψετε αυτό που θέλετε να πιστέψετε.

Αυτό είναι εκείνο που αποκαλούμε 'σύνδρομο ευσεβών πόθων'.

Το σύνδρομο ευσεβών πόθων

Εάν μετράω ένα Δέλτα T μεταξύ ίσων συστατικών, πραγματικά δεν χρειάζεται να ανησυχώ εάν είμαι εκτός εστίασης ή εάν έχω θέσει την εκπομπή και την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία λάθος, επειδή το λάθος θα είναι ίσο και στα δύο και θα αλληλοκαταργηθεί. '

ΛΑΘΟΣ!!!

Μην το πιστέψετε ούτε λεπτό! Έχει κάποια αλήθεια ότι εάν είστε λάθος στην εστίαση ή σε οποιουδήποτε παραμέτρους μέτρησης που πρέπει να θέσετε στην κάμερα, τόσο η υψηλότερη όσο και η χαμηλότερη θερμοκρασία που συμβάλλουν στην θερμοκρασιακή σας διαφορά, θα αλλάξουν. Αλλά όχι με την ίδια ποσότητα! Έτσι το Δέλτα T σας θα είναι διαφορετικό.

Η αλήθεια σχετικά με την εστίαση

Εάν είστε εκτός εστίασης, το ζεστό σημείο ή το ψυχρό σημείο θα είναι αραιωμένο στην περιοχή της εικόνας. Αυτό σημαίνει ότι ένα ζεστό σημείο με ένα ψυχρό φόντο θα φαίνεται ψυχρότερο, και ένα ψυχρό σημείο σε ένα ζεστό φόντο θα φαίνεται θερμότερο. Η διαφορά θα είναι μικρότερη και στις δύο περιπτώσεις.

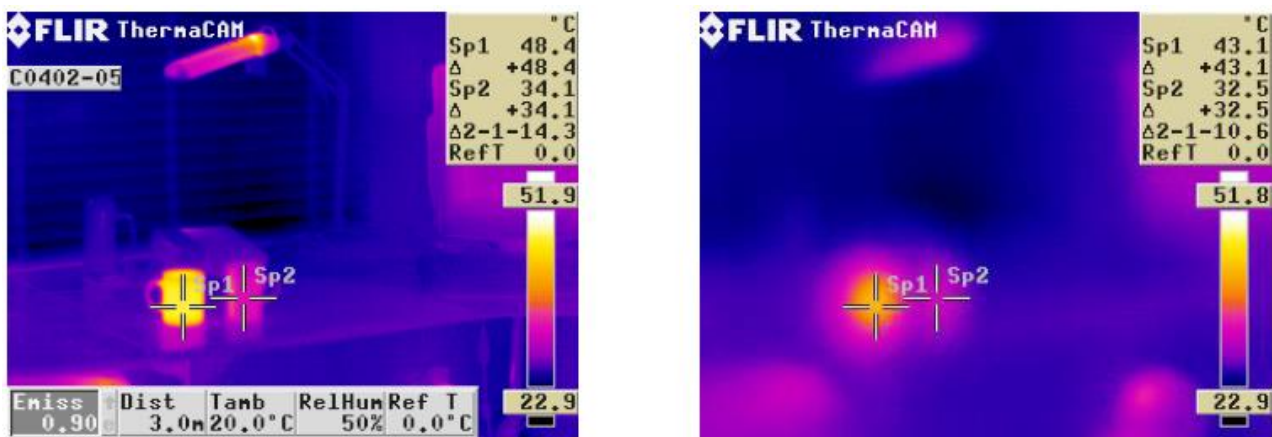
Σε κάποιες περιπτώσεις ίσως να έχετε ένα ακόμα πιο ζεστό σημείο δίπλα σε αυτό που μετράτε. Τότε θα ξεχυθεί η ακτινοβολία του στο δικό σας μετρούμενο σημείο και θα το κάνει να φαίνεται πιο ζεστό.

Είτε έτσι είτε αλλιώς, υπάρχουν αρκετοί καλοί λόγοι για να εστιάσετε την κάμερά σας σωστά, ακόμα και αν μπορούσατε να μετρήσετε το Δέλτα T σε μία μη εστιασμένη εικόνα, που δεν μπορείτε!

Η αλήθεια για την απόσταση...

Τι γίνεται σχετικά με την εκπομπή, την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία, και την απόσταση? Δεν μπορείτε να κάνετε λάθη σε καμία από αυτές και να περιμένετε να πάρετε μία καλή μέτρηση Δέλτα T! Καμία από αυτές δεν έχει γραμμική επίπτωση στη μέτρηση. Ούτε καν η απόσταση παρόλο που μπορεί να φαίνεται το αντίθετο. Η απόσταση (ή η σχετική υγρασία) δεν αλλάζει και πολύ την μέτρηση έτσι κι αλλιώς, για αυτό και δεν την χρησιμοποιούμε εδώ σαν μέρος του παραδείγματος που χρησιμοποιούμε σαν 'απόδειξη'. Η απορροφητικότητα και η εκπομπή της ατμόσφαιρας θα αλλάξουν αλλά όχι ισόποσα σε μία κρύα ή ζεστή θερμοκρασία, όταν αλλάζουμε τη ρύθμιση απόστασης στην κάμερα.

Ιδού η απόδειξη



Σχήμα 11.26 Εστιασμένο και μη εστιασμένο αποτέλεσμα Δέλτα T

Αυτό το ζευγάρι εικόνων δείχνει εστιασμένες/μη εστιασμένες εικόνες, και παρακάτω βρίσκεται ένας πίνακας που μας δείχνει τι έδειξαν αυτοί οι δύο στόχοι όταν η εκπομπή και η ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία (T_{amb} σε αυτό το όργανο) άλλαξαν.

Λάθος που έγινε	ΔέλταT
Εστιασμένο έναντι μη εστιασμένου	14.3 έναντι 10.6 Κέλβιν
Εκπομπή 0.9 έναντι εκπομπής 0.5	14.3 έναντι 22.9 Κέλβιν
T_{amb} 20°C έναντι T_{amb} 5°C	22.9 έναντι 21.3 Κέλβιν

Παρακαλώ σημειώστε ότι αυτά είναι μόνο παραδείγματα που δείχνουν ότι αυτοί οι παράγοντες όντως αλλάζουν ένα Δέλτα T. Μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικά για το μέγεθος των λανθασμένων μετρήσεων που μπορεί να αντιμετωπίσετε σε άλλες καταστάσεις.

Το συμπέρασμα είναι : Δεν υπάρχουν σύντομες διαδρομές!

11.11 Συντελεστής εκπομπής και «φαινόμενη» ανακλώμενη θερμοκρασία

Η μέτρηση ή η εκτίμηση του συντελεστή εκπομπής και της «φαινόμενης» ανακλώμενης θερμοκρασίας είναι εύκολη στη θεωρία. Στην πράξη μπορεί να είναι πολύ δύσκολη! Πρέπει να επιτρέψετε στον εαυτό σας να αποκτήσει αρκετή εμπειρία κάνοντας πολλά τεστ εκπομπής. Για έναν νέο θερμογράφο, είναι ένας ιδανικός τρόπος να εξασκηθεί χρησιμοποιώντας την κάμερα, να αποκτήσει προσωπική εμπειρία στη

μετάδοση θερμότητας και να συλλέξει σημαντικά δεδομένα από το πεδίο για τις τιμές εκπομπής. Εάν κρατήσετε μόνο μία συμβουλή από αυτό το βιβλίο παρακαλώ ας είναι αυτό!

«Φαινόμενη» Ανακλώμενη Θερμοκρασία

Κάθε μέτρηση είτε σε στόχο στο πεδίο είτε σε δείγμα εκπομπής στο γραφείο ή στο εργαστήριο, ξεκινάει με μια μέτρηση ή έστω με μία εκτίμηση ανακλώμενης εμφανούς θερμοκρασίας ή T_{REFL} .

Έλεγχος της T_{REFL}

Προτού ξεκινήσετε την δουλειά σας στους προσδοκώμενους στόχους, ίσως είναι καλή ιδέα να στρέψετε την κάμερα στην αντίθετη κατεύθυνση και να δείτε τι 'βλέπει' ο στόχος. Υπάρχει τίποτα εκεί που θα μπορούσε να προκαλέσει ανακλάσεις σημείου, και το οποίο θα έπρεπε να γνωρίζετε? Θέλετε το T_{REFL} σας να είναι μία ωραία και ομοιογενής επιφάνεια που αντανακλά προς τον στόχο σας, όχι πολλά ζεστά ή ψυχρά σημεία που δημιουργούν προβλήματα. Εάν βρείτε πηγές αντανάκλασης σημείου, να τις έχετε κατά νου και να προσέχετε τις αντανακλάσεις τους.

Η λέξη κλειδί είναι ο ΕΛΕΓΧΟΣ. Η ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία είναι ένας δόλιος μικρός εχθρός που δεν θέλετε να σας καρφώσει στην πλάτη. Εάν έχετε τον έλεγχο της δεν θα χρειάζεται να ανησυχείτε για τίποτα.

Ας επαναλάβουμε τι είναι: είναι η εμφανής θερμοκρασία του οποιουδήποτε αντικειμένου που ανακλάται από τον στόχο προς την κάμερα.

Εάν το περιβάλλον μέτρησής σας, είναι ένα δωμάτιο που οι τοίχοι του έχουν μία αρκετά ομοιόμορφα κατανομημένη εμφανή θερμοκρασία, μπορείτε αυτή να τη χρησιμοποιήσετε σαν T_{REFL} . Εάν διαφέρει έστω και λίγο χρησιμοποιήστε έναν λογικό μέσο όρο.

Αρκετές φορές, θα προκύψει να είναι ίδια με την τιμή της θερμοκρασίας του αέρα, ωστόσο δεν είναι το ίδιο πράγμα. Εάν προκύψει αυτή η κατάσταση είστε απλά πολύ τυχεροί! Συνήθως συμβαίνει σε εσωτερικούς χώρους αλλά σχεδόν ποτέ σε εξωτερικούς.

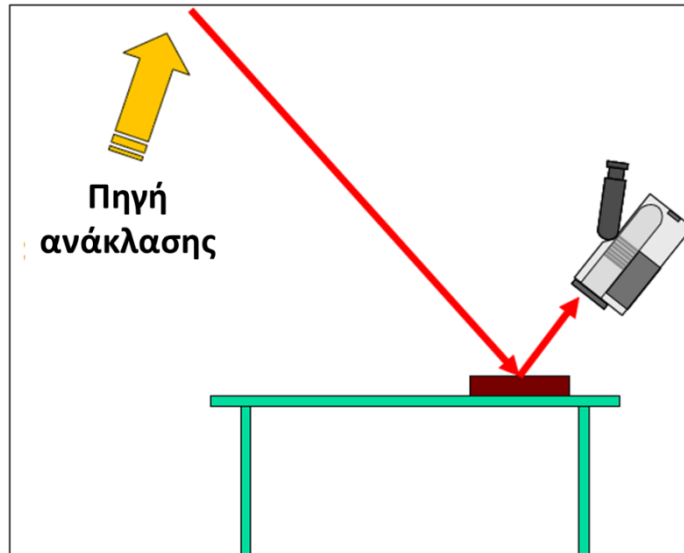
Μετρώντας τη «φαινόμενη» ανακλώμενη θερμοκρασία.

Όταν έχετε βρει κάτι του οποίου θέλετε να μετρήσετε την θερμοκρασία ή προτού ακόμα ξεκινήσετε την αναζήτησή του, ρίξτε μια ματιά γύρω σας με την κάμερα.

Βεβαιωθείτε ότι αυτό που αντανακλάται στον στόχο σας δεν είναι πηγή σημείου. Αλλά μία όμοια εμφανής θερμοκρασία εάν είναι δυνατόν.

Αφού κυνηγάμε την εμφανή θερμοκρασία της πηγής ανάκλασης, δεν πρέπει να κάνουμε καμία αντιστάθμιση. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να θέσουμε την εκπομπή στο 1 και την απόσταση στο 0.

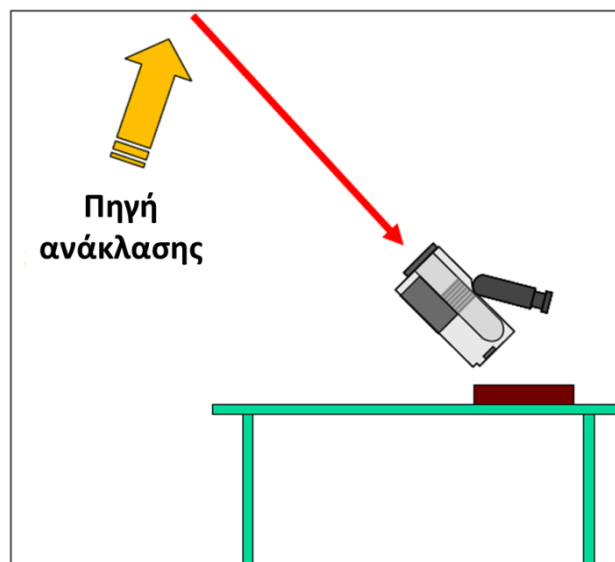
Τι γίνεται με την θερμοκρασία του αέρα, την σχετική υγρασία και την ίδια την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία? Πόσο θα έπρεπε να τις θέσουμε? Η απάντηση είναι απλή: Δεν έχει σημασία! Η θερμοκρασία του αέρα και η σχετική υγρασία δεν σημαίνουν τίποτα από τη στιγμή που έχουμε πει στην κάμερα ότι η απόσταση είναι μηδέν.



Σχήμα 11.27 Καθορισμός της πηγής ανάκλασης

Δεν θα αποτελέσουν μέρος κανενός υπολογισμού της κάμερας, όσο και αν τα θέσουμε. Το ίδιο ισχύει και για την T_{REFL} . Έχουμε θέσει την εκπομπή στο 1.0. Ταυτόχρονα αυτό σημαίνει ότι η αντανακλαστικότητα είναι 0. Δεν έχει σημασία πόσο θα θέσετε την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία, αφού θα πολλαπλασιαστεί με το μηδέν στον υπολογισμό που θα κάνει η κάμερα.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον μετρητή σημείου, το ισοθερμικό, ή το μέσο όρο της περιοχής αυτής (η μέγιστη περιοχή ή η ελάχιστη περιοχή δεν είναι καθόλου καλές!). Διαβάστε την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία.



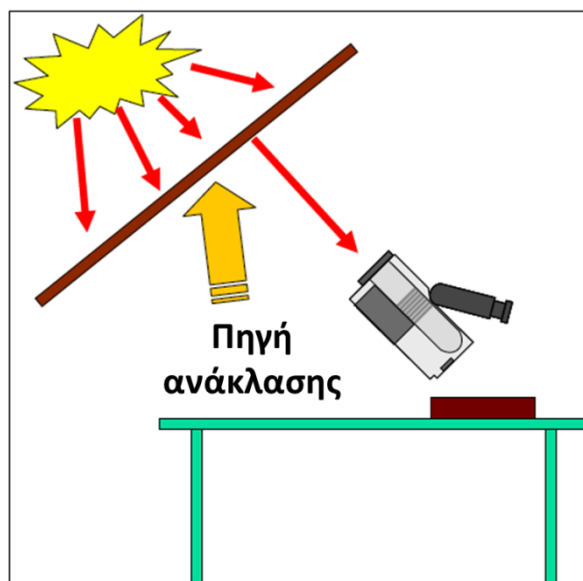
Σχήμα 11.28 Μετρώντας την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία

Αποφύγετε της ανακλάσεις σημείου! Συνήθως μπορείτε να αγνοείτε τις ανακλάσεις σημείου, εάν είστε σίγουροι ότι δεν έχετε ανακλάσεις από αυτά στον στόχο σας.

Θέστε το αποτέλεσμα στην κάμερά σας! Τώρα είστε έτοιμοι να ξεκινήσετε να μετράτε τη θερμοκρασία του κανονικού σας στόχου.

Τροποποίηση της «φαινόμενης» ανακλώμενης θερμοκρασίας

Εάν είναι δύσκολο να καθορίσετε την πηγή ανάκλασής σας και/ή περιέχει πολλές πηγές σημείου, προσπαθήστε να την προστατέψετε πχ με ένα κομμάτι χαρτόνι.



Σχήμα 11.29 Τροποποίηση της πηγής ανάκλασης σημείου για απλοποίηση της μέτρησης

Το χαρτόνι γίνεται η πηγή ανάκλασης και μπορεί εύκολα να καθοριστεί! Προσέξτε πως θα χειριστείτε το χαρτόνι ώστε να μην δημιουργήσετε ζεστά σημεία επάνω του. Και μην το αφήσετε να παραμείνει πολύ ώρα ή πολύ κοντά στην πηγή ανάκλασης. Μπορεί να θερμανθεί και θα έχετε πάλι το ίδιο πρόβλημα, απλά μικρότερο.

Μία μικρή πρακτική συμβουλή: Όταν δουλεύεται με ηλεκτρικούς πίνακες, και έχετε προβλήματα με αντανάκλασεις, χρησιμοποιήστε την πόρτα του πίνακα σαν ασπίδα. Κλείστε την ελαφρώς και κοιτάξτε μέσα από ένα μικρότερο άνοιγμα. Ίσως αυτό φροντίσει την αντανάκλασή σας. Δεν έχει νόημα εάν η πόρτα σας έχει πηγές θερμότητας ασφαλώς. Και προσέξτε διότι μπορεί να είναι ελαφρώς θερμότερη από το δωμάτιο γενικότερα.

Μερικές συμβουλές για τον φωτισμό ως πηγή θερμότητας: οι λάμπες, οι σωλήνες πυρακτώσεως, και άλλες πηγές φωτός είναι πολλές φορές πηγές ανάκλασης σημείων. Μην τα σβήνετε! Αρχικά, θα παραμείνουν ζεστά περισσότερο από όσο θα θέλετε να περιμένετε, και θα συνεχίσουν να ακτινοβολούν. Και έπειτα δεν θέλετε να ψηλαφείτε στο σκοτάδι. Είναι επικίνδυνο!

Ανακλώμενη εμφανής θερμοκρασία

Και θυμηθείτε: ΕΣΕΙΣ θα είστε πολύ συχνά η ανακλώμενη πηγή!

Οι περισσότεροι ΥΕ ανακλαστές έχουν περισσότερες τύπου καθρέπτη ανακλάσεις στο ΥΕ από ότι στο ορατό, ακόμα και αν φαίνονται διάχυτες στο μάτι. Αυτό κάνει τις ανακλάσεις σημείου περισσότερο πιθανές να συμβούν. Δοκιμάστε το με μία διάχυτη μεταλλική πλάκα εάν θέλετε. Θα πρέπει να έχει χαμηλή ικανότητα εκπομπής. Δοκιμάστε αν μπορείτε να δείτε την αντανάκλασή σας μέσα της. Έπειτα δοκιμάστε με την κάμερα. Είναι αρκετά διαφορετικό.

Πίνακες συντελεστή εκπομπής

Φαίνεται ότι η πίνακες συντελεστή εκπομπής υπάρχουν από πάντα. Επίσης φαίνεται ότι σε όποιον πίνακα και αν κοιτάξεις είναι οι ίδιες πληροφορίες ξανά και ξανά. Στο τμήμα παραπομπών αυτού του εγχειριδίου, υπάρχει ένας πίνακας εκπομπής. Παραπέμπει ουσιαστικά πίσω στην αρχική πηγή. Αυτό δεν κάνει τις πληροφορίες καλύτερες ή χειρότερες αλλά δείχνει από πού προήλθε.

Οι πίνακες συντελεστή εκπομπής έχουν περιορισμένη τιμές για τον ασκούμενο θερμογράφο, και οι τιμές είναι διαφορετικές για διαφορετικά υλικά.

Ένας πίνακας θα δώσει μία λογική εκτίμηση για τα μη-μεταλλικά. Εάν κοιτάξουμε σε έναν πίνακα θα δούμε ότι τα περισσότερα αμέταλλα έχουν αρκετά υψηλή εκπομπή. Η εκπομπή δεν θα έχει ακραία μεταβολή μεταξύ δειγμάτων ή με το πέρασ του χρόνου για το ίδιο δείγμα, όπως συμβαίνει με τα μέταλλα.

Οι πίνακες συντελεστή εκπομπής είναι πολύ αναξιόπιστοι σχετικά με τα μέταλλα, σχεδόν στο σημείο που είναι εντελώς άχρηστοι. Σε ένα σημείο ευθύνεται για αυτό οι δυσκολίες ερμηνείας-η περιγραφόμενη κατάσταση του δείγματος είναι πάντα υποκειμενική. Τι σημαίνει 'γυαλιστερό'? Τι σημαίνει 'βαριά πολυκαιρισμένο'? 'Άγριο'...? Το δείγμα σας δεν θα είναι ακριβώς το ίδιο όπως στους πίνακες! Συνήθως ούτε στο ελάχιστο... Αλλά ακόμα και αν είναι το ίδιο δείγμα η μεθοδολογία που χρησιμοποιείτε δεν θα είναι η ίδια και η κάμερα που χρησιμοποιείτε σίγουρα δεν θα είναι η ίδια. Ακόμα και αν το δηλωμένο εύρος μήκους κύματος είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιεί η κάμερά σας, και πάλι οι κάμερες αντιδρούν διαφορετικά για την ίδια επιφάνεια.

Αυτό που μας λέει ουσιαστικά ο πίνακας είναι ότι μπορεί να έχει οποιαδήποτε εκπομπή μεταξύ μηδέν και ένα, ανάλογα με το βαθμό οξειδωσης. Ο λόγος είναι ότι το καθαρό μη οξειδωμένο μέταλλο θα έχει πολύ χαμηλή εκπομπή, και τα καθαρά μεταλλικά οξείδια με επαρκές πάχος ώστε να είναι αδιαφανή, θα έχουν πολύ υψηλή εκπομπή.

Πρέπει να αναπτύξετε την ικανότητα να μαντεύετε την εκπομπή εάν η κατάσταση το απαιτεί. Η εικασία της εκπομπής είναι πολύ δύσκολη! Πρέπει να αποκτήσετε εμπειρία και ο μόνος τρόπος να το επιτύχετε είναι να εξασκήσετε!!!

Μη βασίζεστε καν στις τιμές των πινάκων για υψηλής ακρίβειας δουλειά! Να είστε πολύ καχύποπτοι για οποιαδήποτε άλλη δουλειά.

11.12 Μέτρηση της εκπομπής

Εδώ είναι ένας γρήγορος οδηγός για το πώς μετράμε την εκπομπή. Αργότερα θα σας προειδοποιήσουμε για κάποιες παγίδες και τα μέτρα που πρέπει να πάρετε για να τις αποφύγετε.

Προετοιμασία

1. Διαλέξτε ένα μέρος για να βάλετε το δείγμα
2. Καθορίστε την ανακλώμενη εμφανή θερμοκρασία και θέστε την
3. Βάλτε ένα κομμάτι μονωτική ταινία με γνωστή εκπομπή πάνω στο δείγμα
4. Θερμάνετε το δείγμα:
 - a. Τουλάχιστον 20K πάνω από τη θερμοκρασία δωματίου

- b. Η θέρμανση πρέπει να είναι ομοιόμορφη!
- 5. Εστιάστε, προσαρμόστε αυτόματα και παγώστε
- 6. Ρυθμίστε θερμικά την εικόνα σας

Μέτρηση

1. Θέστε την εκπομπή σύμφωνα με αυτή της μονωτικής ταινίας (συνήθως 0.95)
2. Μετρήστε τη θερμοκρασία της ταινίας
 - a. Το ισοθερμικό σας βοηθάει να καθορίσετε τη θερμοκρασία και πόσο ομοιόμορφα έχετε θερμάνει το δείγμα
 - b. Ο μετρητής σημείου είναι πιο απλός
 - c. Ο μέσος όρος της περιοχής είναι καλός για διάφορες εκπομπές επιφανειών
3. Σημειώστε τη θερμοκρασία που μετρήσατε
4. Μετακινείστε τη λειτουργία μέτρησης στην επιφάνεια του δείγματος
5. Αλλάξτε τη ρύθμιση εκπομπής έως ότου εμφανιστεί η προηγούμενη μέτρηση θερμοκρασίας
6. Διαβάστε την εκπομπή και σημειώστε την

Στο βήμα προετοιμασίας επιλέξτε ένα μέρος με επιθυμητές συνθήκες. Όχι εξαναγκασμένη μεταγωγή και ένα θερμικά σταθερό περιβάλλον που δε θα παράγει αντανάκλασεις σημείου. Χρησιμοποιήστε υψηλής ποιότητας ταινία που ξέρετε ότι δεν είναι διαφανής και που έχει μια εκπομπή για την οποία είστε σίγουροι.

Η θέρμανση είναι πιθανώς το πιο πονηρό μέρος της προετοιμασίας. Εδώ είναι μερικές προτεινόμενες μέθοδοι.

- Ηλεκτρικό σίδερο, μαγειρική πλάκα, γρήγορα και ιδανικά για επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες.
- Πιστολάκι μαλλιών, θερμοπίστολο, ιδανικά για πορώδη δείγματα όπως ξύλο, χαρτόνι κτλ.
- Φούρνοι, ιδανικά για βαριά αντικείμενα που χρειάζονται πολύ χρόνο για να θερμανθούν.
- Μπάνιο ζεστού νερού, ιδανικά για στόχους ανώμαλου σχήματος (χρησιμοποιήστε πλαστική σακούλα για να μην τους βρέξετε).

Μην βάλετε φωτιά όταν το κάνετε αυτό! Όχι μόνο θα είναι επικίνδυνο αλλά θα καταστρέψει και το δείγμα σας.

Το δύσκολο μέρος είναι να θερμάνετε ομοιόμορφα το δείγμα. Αυτή η μέθοδος υποθέτει ότι η θερμοκρασία της ταινίας σας και η επιφάνεια του δείγματος είναι ίδια. Αν δεν είναι η μέτρηση εκπομπής σας θα είναι λάθος. Αυτό σημαίνει ότι δεν θέλετε καθόλου θερμικές κλίσεις στο δείγμα σας. Αυτό καθιστά το ισοθερμικό μια ιδανική λειτουργία μέτρησης, γιατί θα δείξει αν έχετε κλίσεις. Μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε ένα συνδυασμό καλής θερμικής ρύθμισης και υψηλής αντίθεσης παλέτα, και έπειτα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα μετρητή σημείου για τη μέτρηση. Είναι πιο απλό στη χρήση.

Χρειάζεστε μια συγκεκριμένη θερμοκρασιακή αύξηση (ή μείωση!) στο δείγμα σας αλλιώς δε θα έχετε καθόλου αντίθεση μεταξύ των επιφανειών διαφορετικής εκπομπής. Εάν μοιάζει ότι έχετε αντίθεση είναι εξαιτίας των αντανάκλασεων. Είναι δύσκολο να πούμε ακριβώς πόση διαφορά χρειάζεστε – μπορεί να μεταβάλλεται με την επιφάνεια και με άλλες συνθήκες – αλλά μια διαφορά 20 K μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά προσέγγιση σαν σημείο αναφοράς.

Εφόσον έχετε θερμάνει το δείγμα το μόνο που πρέπει να σκέφτεστε είναι να πάρετε μια εικόνα που είναι εστιασμένη και όχι πολύ μακριά από το στόχο. Πλησιάστε όσο περισσότερο μπορείτε! Πάνω απ' όλα μην ζουμάρετε για να το κάνετε μεγαλύτερο, γιατί έτσι σπαταλάτε την ανάλυση της κάμερας. Όταν η εικόνα παγώσει βελτιστοποιήστε θερμικά έτσι ώστε ο στόχος σας να χρησιμοποιήσει όλη την κλίμακα των χρωμάτων αγνοώντας το φόντο (παρασκήνιο).

Όταν έχετε μια καλή εικόνα, μπορείτε να ξεκινήσετε τη μέτρηση. Εάν δεν έχετε προσπαθήστε ξανά! Μη χάνετε το χρόνο σας σε μια κακή εικόνα.

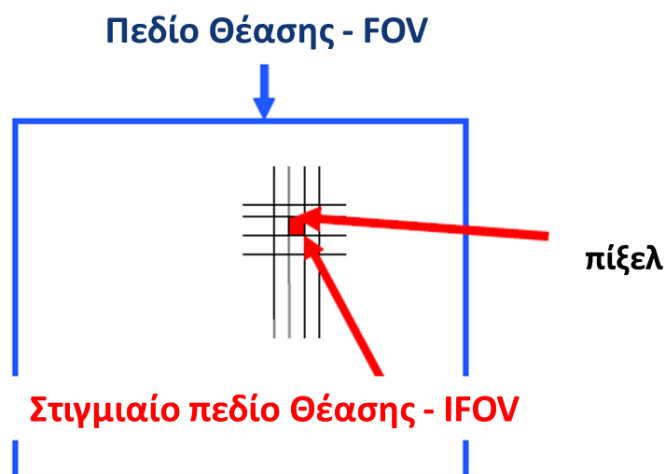
Ελέγξτε την ταινία σας για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχει κλίσεις και μετρήστε τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας τη σωστή εκπομπή. Η εμπειρία λέει ότι αν δε σημειώσετε τον αριθμό θερμοκρασίας, είναι πολύ πιθανό να τον ξεχάσετε... Όταν κινείτε τη λειτουργία μέτρησής σας, στην επιφάνεια του δείγματος, βάλτε την όσο πιο κοντά γίνεται στο μέρος που μετρήσατε επάνω στην ταινία. Εάν έχει μεταβαλλόμενη εκπομπή, είναι καλή ιδέα να χρησιμοποιήσετε το ΜΟ-περιοχής! Έπειτα αλλάξτε τη ρύθμιση εκπομπής, μέχρι να εμφανιστεί η θερμοκρασία που μετρήσατε νωρίτερα. Τώρα θα έχετε μια αρκετά ακριβή εκτίμηση της εκπομπής της επιφάνειας που μπορείτε να την προσθέσετε στην εμπειρία σας και να τη χρησιμοποιήσετε αργότερα όταν μετράτε μια παρόμοια επιφάνεια. Όταν θα έχετε κάνει περίπου διακόσιες τέτοιες μετρήσεις, θα έχετε κάνει μια πολύτιμη προσθήκη στη βάση εμπειρίας σας, και θα έχετε διαθέσιμο τον καλύτερο πίνακα

11.13 Χωρική ανάλυση

Οι στόχοι μας είναι συνήθως μικροί. Το πρώτο πρόβλημα είναι: εάν είναι πολύ μικροί, δεν μπορούμε να τους δούμε, και μια πιθανή ανωμαλία δεν θα εντοπιστεί. Το δεύτερο πρόβλημα είναι: ακόμα και αν μπορούμε να δούμε το πρόβλημα, μπορεί να μη μπορούμε να το μετρήσουμε σωστά, επειδή είναι πολύ μικρό. Και η εκτίμηση της δριμύτητας που θα κάνουμε, μπορεί να είναι λανθασμένη.

Ανιχνευτές και πίξελ

Η εικόνα που παρουσιάζει η κάμερα από την περιοχή στην οποία κοιτάζει – το πεδίο θέασης – φτιάχνεται από πίξελς. Η λέξη πίξελ είναι η συντομογραφία των λέξεων εικόνα στοιχείο (picture element)

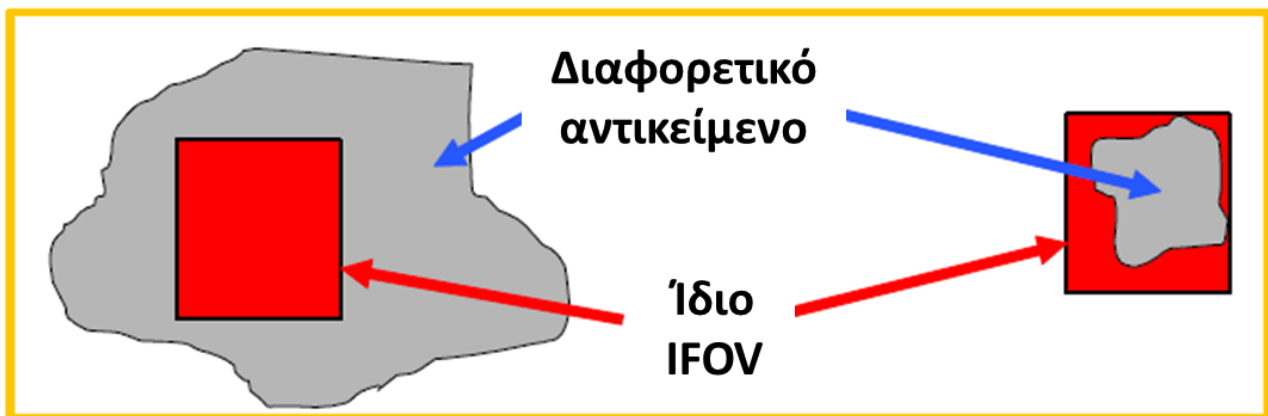


Σχήμα 11.31

Κάθε πίξελ έχει συγκεκριμένο μέγεθος στην εικόνα, το οποίο ονομάζεται IFOV (στιγμαίο πεδίο θέασης). Το ακρωνύμιο βγαίνει από το Instantaneous Field Of View – IFOV. Είναι ένας όρος που προέρχεται από τις κάμερες σάρωσης, όπου το IFOV ορίζεται ως το μέγεθος του ανιχνευτή που προβάλλεται μέσα από τους φακούς και επάνω στο στόχο. Το IFOV είναι μια μέτρηση γωνίας που εκφράζεται σε χιλιοακτίνια ή mrad. Κάποιες φορές εκφράζεται σαν το λόγο της Απόστασης προς το μέγεθος Σημείου ή Α:Σ. Σε μια κάμερα συστοιχίας εστιακού επιπέδου ή FPA κάθε πίξελ δημιουργείται από το δικό του στοιχείο ανιχνευτή στον FPA ανιχνευτή. Δεν είναι το φυσικό μέγεθος του ανιχνευτή που καθορίζει τη γεωμετρική ή χωρική ανάλυση αλλά η απόσταση μεταξύ των μεσαίων σημείων κάθε στοιχείου ανιχνευτή. Αυτό είναι γνωστό ως 'πίσσα'.

Ανεξάρτητα από πού προέρχεται ο αριθμός IFOV, αν ένας στόχος αντικείμενο είναι πολύ μικρός για να δημιουργήσει σήμα, όταν η ακτινοβολία του χτυπάει τον ανιχνευτή, δεν μπορούμε να το δούμε.

Μέγεθος αντικειμένου εναντίον μεγέθους πίξελ



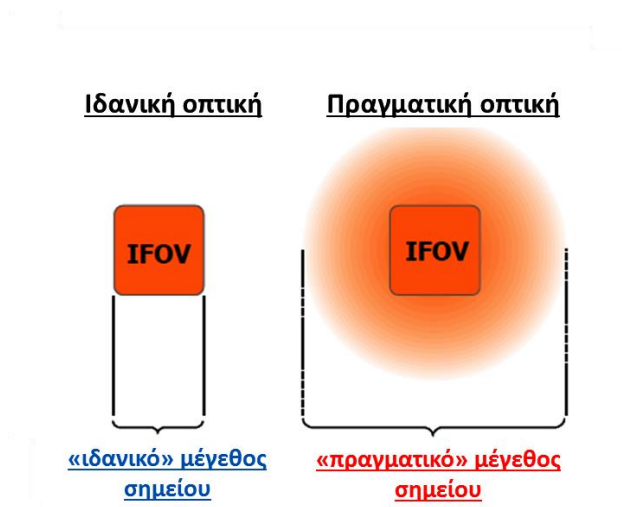
Σχήμα 11.32 Μέγεθος αντικειμένου εναντίον μεγέθους πίξελ

Στο παραπάνω σχήμα τα τετράγωνα αναπαριστούν το στοιχείο του ανιχνευτή, το IFOV. Στο δεξί κουτί το αντικείμενο είναι πολύ μικρό για να καλύψει ένα στοιχείο ανιχνευτή. Μπορεί ή και όχι να δημιουργήσει ένα σήμα από τον ανιχνευτή που είναι διαφορετικό από αυτά δίπλα του. Αυτό εξαρτάται από το πόσο ζεστό είναι σε σχέση με τα περιβάλλοντά του. Αλλά αν δημιουργήσει σήμα, οι πληροφορίες από αυτό δε θα είναι πολύ χρήσιμες. Γιατί το μόνο που θα βλέπουμε είναι και πάλι το τετράγωνο του ανιχνευτή που θα δείχνει μια διαφορετική εμφανή θερμοκρασία από αυτά που είναι δίπλα του. Δε θα μπορούμε να το ερμηνεύσουμε αυτό σε μια κατανοητή εικόνα του στόχου. Όσον αφορά τη μέτρηση της θερμοκρασίας του στόχου, αυτή θα είναι αδύνατη.

Στο αριστερό παράδειγμα ο στόχος είναι μεγαλύτερος από ένα στοιχείο ανιχνευτή. Ωστόσο καθένα από τα διπλανά στοιχεία ανιχνευτή, θα είναι ακόμα μερικώς καλυμμένα από το στόχο, έτσι θα δίνουν και πάλι ένα μερικό σήμα, και θα παραμένει πολύ δύσκολο να δούμε τι ακριβώς βλέπουμε.

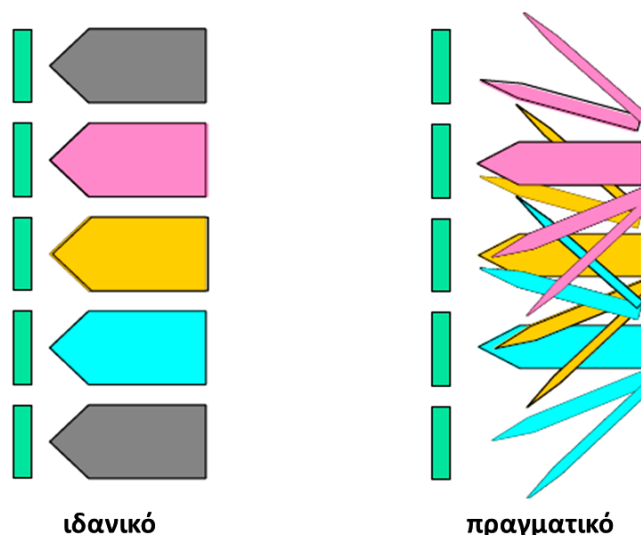
Τι γίνεται με τη μέτρηση? Στη θεωρία θα πρέπει να αρκεί όταν το μέγεθος του αντικειμένου είναι μεγαλύτερο από ένα πίξελ, ώστε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία. Στην πράξη πρέπει να εισάγουμε άλλο ένα παράγοντα που θα δημιουργήσει κι άλλες δυσκολίες και για την εικόνα και για τη μέτρηση.

Οπτικός διασκορπισμός-διάχυση



Σχήμα 11.33 Η πραγματική οπτική έχει ένα θολό αποτέλεσμα

Η τέλεια οπτική δεν υπάρχει. αν προσπαθήσετε να διαβάσετε μια εφημερίδα από την άκρη ενός δωματίου, δε θα είναι εφικτό. Όταν μια δέσμη ακτινοβολίας περνάει μέσα από ένα σύστημα φακών, θα είναι κάπως θολωμένη. Στην περίπτωση μας αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ακτινοβολία να ξεχειλίζει μεταξύ στοιχείων ανιχνευτή. Η ακτινοβολία που 'προοριζόταν' για ένα συγκεκριμένο ανιχνευτή θα χτυπήσει πάνω σε έναν άλλον. Υπάρχει ένα 'ξεχειλίσμα' μεταξύ στοιχείων ανιχνευτή. Η ακτινοβολία που θα έπρεπε να χτυπήσει ένα συγκεκριμένο ανιχνευτή, αλλά δε το κάνει, είναι πολύ πιθανόν να χτυπήσει αυτόν δίπλα του ή τον επόμενο ή τον μεθεπόμενο μέχρι ένα σημείο. Σε μια συγκεκριμένη απόσταση από το στοιχείο ανιχνευτή αυτό το φαινόμενο διασκορπισμού, θα έχει σταματήσει – το φαινόμενο του ξεχειλίσματος φτάνει μέχρι εκεί.



Σχήμα 11.34 Διάχυση ακτινοβολίας μεταξύ στοιχείων ανιχνευτή

Σε αυτή την εικόνα τα πέντε ορθογώνια κουτιά αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία ανιχνευτή σε μια πραγματική και μια ιδανική περίπτωση. Στην ιδανική περίπτωση, κάθε ανιχνευτής χτυπιέται από την ακτινοβολία που θα έπρεπε για να τον φτάσει, που είναι ίδια με την εξαγόμενη ακτινοβολία από το στόχο.

Στην πραγματική περίπτωση κάποια από την ακτινοβολία χάνεται από το μεσαίο ανιχνευτή. Από την άλλη, δέχεται επίσης μια συνεισφορά από την ακτινοβολία που θα έπρεπε να έχει χτυπήσει τους διπλανούς ανιχνευτές. Εάν η απώλεια των διπλανών ανιχνευτών είναι ίση με τη συνεισφορά, ο μεσαίος ανιχνευτής θα δημιουργήσει ένα σωστό σήμα, σχετικό με την ακτινοβολία από το στόχο. Οπότε σε αυτή την περίπτωση αν το μέγεθος του στόχου καλύπτει πέντε στοιχεία ανιχνευτή, και το φαινόμενο του ξεχειλίσματος θα καλύπτει πέντε ανιχνευτές, ο μεσαίος θα δημιουργήσει ένα σωστό σήμα. Οι υπόλοιποι, όχι. Οπότε πολλαπλοί ανιχνευτές που κοιτάζουν στην ίδια θερμοκρασία χρειάζονται για τη μέτρηση αυτής της θερμοκρασίας από έναν και μόνο ανιχνευτή !

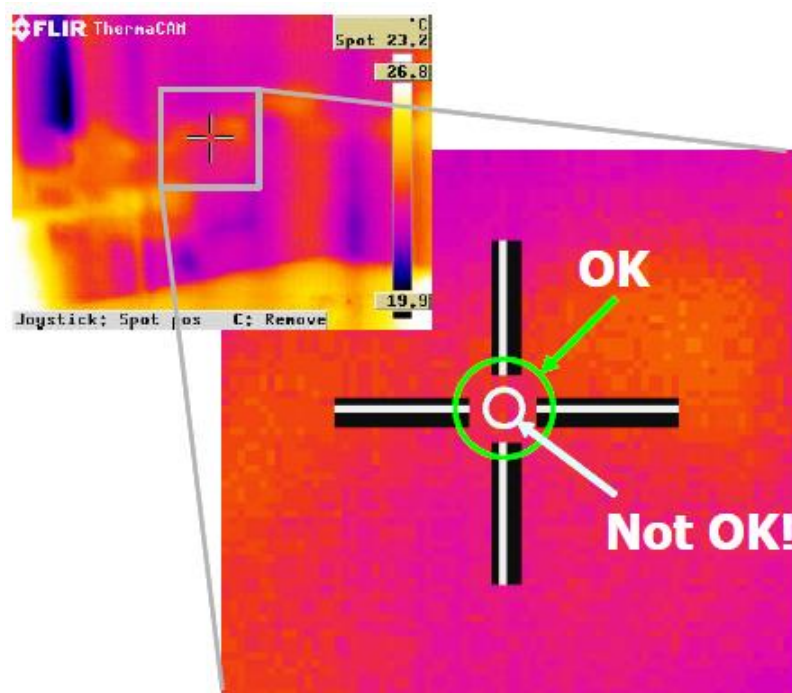
Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει μια αρκετά μεγάλη περιοχή, με την ίδια θερμοκρασία στο στόχο, για να μπορεί η κάμερα να διαβάσει αυτή τη θερμοκρασία.

Δεν θα έχει σημασία ποια λειτουργία μέτρησης θα χρησιμοποιήσετε στην κάμερα. Θα υποστούν όλες τους ίδιους περιορισμούς.

Μέγεθος στόχου για μέτρηση

Υπάρχει πάρα πολύ θεωρία ακόμα για τη μέτρηση του μεγέθους σημείου αλλά εμείς δε θα επεκταθούμε άλλο εδώ. Για τον ασκούμενο θερμογράφο είναι πολύ σημαντικότερο να βρει ποιοι είναι οι πραγματικοί περιορισμοί των οργάνων του και πώς θα επιλύσει τα προβλήματα που σχετίζονται με το μέγεθος σημείου.

Πόσο μικροσκοπικά μπορώ να μετρήσω? Αν έχετε ένα τελευταίο μοντέλο κάμερα FLIR ή μια AGEMA 400 ή 500 είναι πολύ απλό. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το μετρητή σημείου για να ελέγξετε αν έχετε πρόβλημα ή όχι. Το μέγεθος του στόχου σας πρέπει να καλύπτει τις εσωτερικές άκρες του σημαδιού σας όπως στη φωτογραφία.



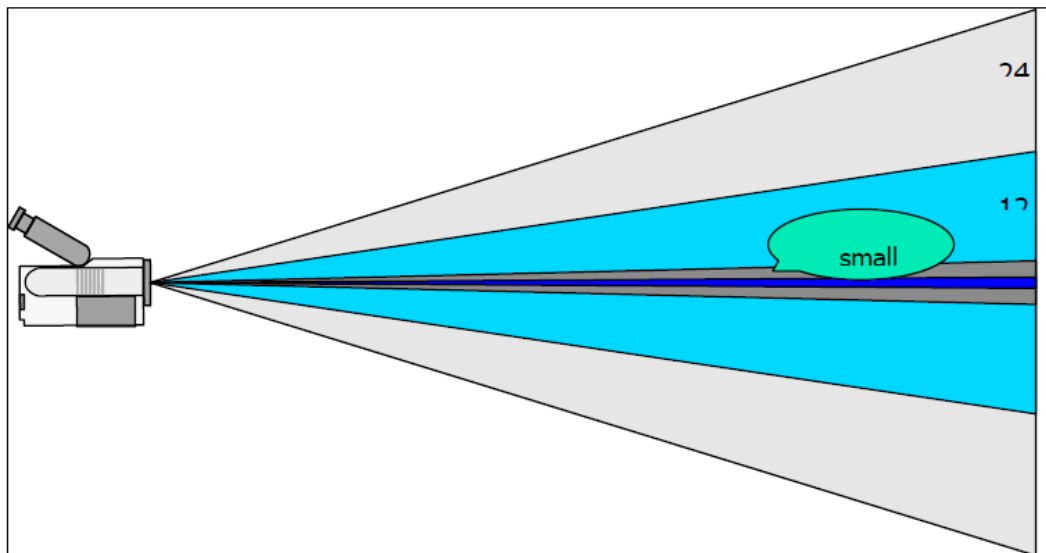
Σχήμα 11.35 Το σημάδι δείχνει το μέγεθος του σημείου μέτρησης

Όταν ο στόχος σας είναι αρκετά μεγάλος για να καλύψει το σημάδι τουλάχιστον ένα πίξελ στη μέση του σημαδιού, θα είναι ικανό να μετρήσει τη θερμοκρασία του στόχου.

Για να έχετε μια καλύτερη εικόνα του μεγέθους του σημείου σε σχέση με το σημάδι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα ζουμ για να μεγεθύνετε. Παρακαλώ καταλάβετε όμως ότι το ζουμ μεγεθύνει μόνο αυτό που βλέπετε στο σκόπευτρο. Δε βελτιώνει την ανάλυση της κάμερας σας. Σε κάμερες που δεν είναι FLIR, κάντε πειραματισμούς για να βρείτε τα όρια ή διαβάστε τις σελίδες που έχουν γραφτεί σχετικά με αυτό το θέμα.

Λύση για μικρούς στόχους

Πώς φροντίζουμε αυτό το πρόβλημα? Η πιο απλή λύση, αν είναι δυνατόν, είναι να πάμε πιο κοντά! Παρακαλώ κάντε το. Θα είναι πάντα καλύτερο να πάρετε μια εικόνα όπου ο στόχος που μας ενδιαφέρει, καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερη περιοχή εικόνας. Αν δε μπορείτε να πάτε πιο κοντά, θα χρειαστείτε ένα τηλεσκοπικό φακό.



Σχήμα 11.36 Μια μικρότερη γωνία φακού σημαίνει μικρότερο σημείο μέτρησης

Μια μικρότερη γωνία φακού σημαίνει μικρότερο σημείο μέτρησης του στόχου. Αυτό είναι καθαρά αναλογικό – αν πάτε από ένα φακό 24 μοιρών σε έναν 12 μοιρών, το σημείο μέτρησης σας για την ίδια απόσταση θα είναι στο μισό μέγεθος.