



Μέτρηση της λευκαύγειας α (albedo) και του συντελεστή εκπομπής e (emissivity) σωμάτων με χρήση ιδιοκατασκευασμένων ηλεκτρονικών οργάνων.



Δημητρήντσης Πέτρος¹, Μητσιώνη¹ Μαριάννα-Φανουρία, Πίπης¹ Χαρίλαος, Χατζημπεκιάρης¹ Θανάσης.

¹Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης

*Email: fatsas10@gmail.com, mariannaki.2000.m@gmail.com, chripis@gmail.com, arxipelagosth@gmail.com

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Χ. Δ. Φανίδης¹

Περίληψη

Η λευκαύγεια (albedo) της επιφάνειας της Γης επηρεάζει την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και επομένως το κλίμα και τους ρύπους του ατμοσφαιρικού αέρα. Στο αστικό περιβάλλον η λευκαύγεια των υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια επηρεάζει το μικροκλίμα και μπορεί να βελτιώσει ή να χειροτερέψει την ποιότητα του αέρα.

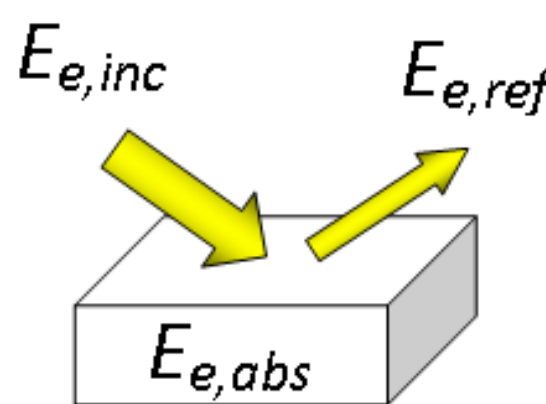
Η μέτρηση της λευκαύγειας της επιφάνειας της Γης κατέστη δυνατή μετά τις πρώτες πτήσεις δορυφόρων αλλά για την μέτρηση της λευκαύγειας των οικοδομικών υλικών απαιτείται μέτρηση σε επιτόπια κλίμακα με εξειδικευμένα όργανα (πυρανόμετρα).

Στην παρούσα εργασία υπολογίζουμε την λευκαύγεια και τον συντελεστή εκπομπής από διαφορετικές επιφάνειες του σχολείου μας χρησιμοποιώντας ιδιοκατασκευασμένο ηλεκτρονικό όργανο μικρού κόστους

Αναλύεται επίσης το θεωρητικό πλαίσιο για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής των επιφανειών από τις μετρήσεις μας.

Ένα ενεργειακό ισοζύγιο...

Αν ορίσουμε ως $E_{e,inc}$ την ισχύ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας και ως $E_{e,abs}$ και $E_{e,ref}$ την ισχύ της απορροφώμενης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας αντίστοιχα, τότε λόγω της διατήρησης της ενέργειας ισχύει :

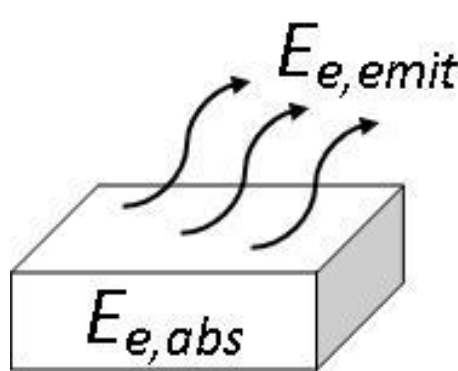


Η λευκαύγεια α .

Η λευκαύγεια α (albedo) μιας επιφάνειας ορίζεται ως ο λόγος της ανακλώμενης ισχύος της ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας $E_{e,ref}$ προς την προσπίπτουσα ισχύ της ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας $E_{e,inc}$

Ο συντελεστής εκπομπής e .

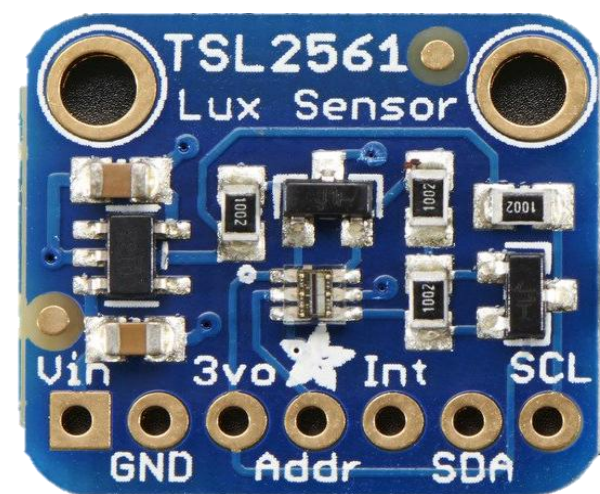
Η απορροφώμενη ισχύς ανά μονάδα επιφανείας $E_{e,abs}$ εκπέμπεται ως θερμική ακτινοβολία $E_{e,emit}$ ανά μονάδα επιφανείας. Χρησιμοποιώντας τον νόμο Stefan Boltzmann



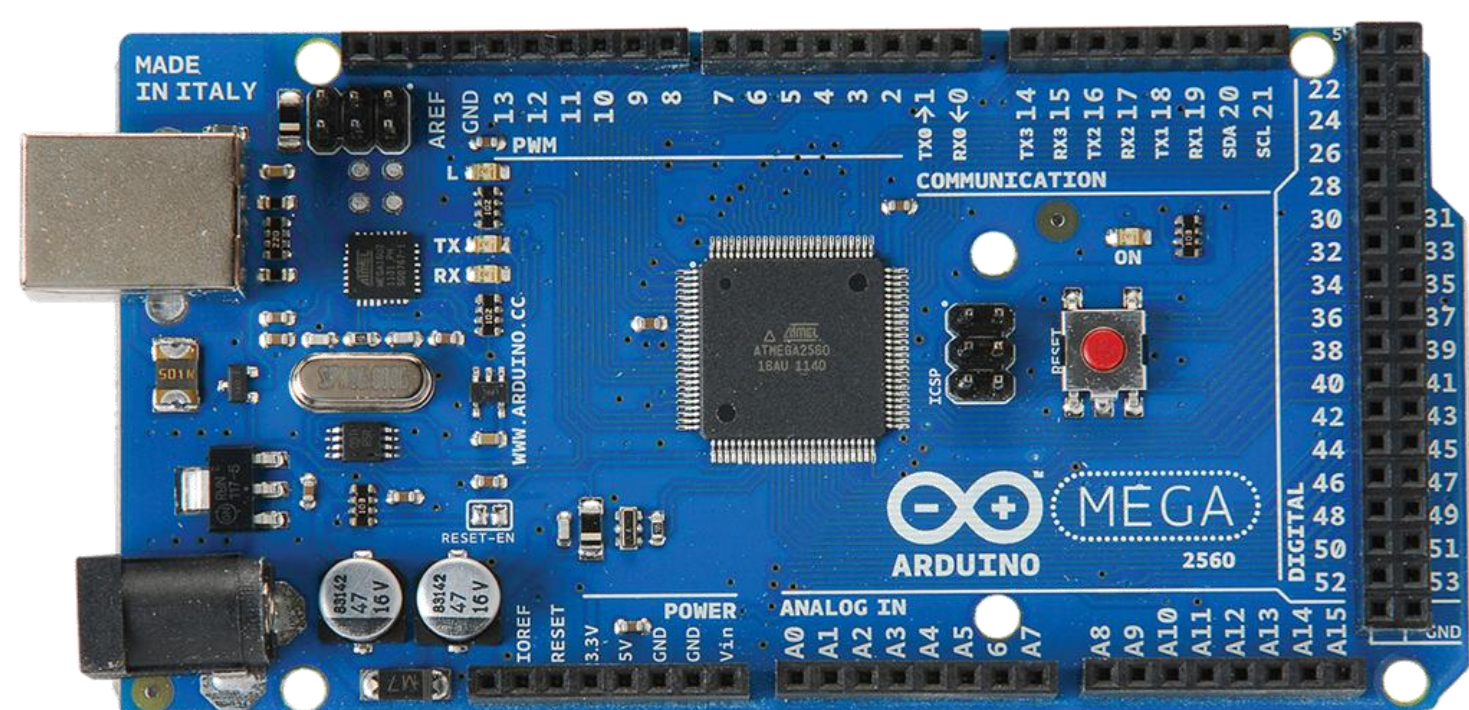
και υποθέτοντας ότι το σώμα είναι σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον ($T = \text{σταθ.}$, $E_{e,emit} = E_{e,abs}$) προκύπτει :

Κατασκευή του οργάνου μέτρησης.

Για την κατασκευή του οργάνου μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής ανοιχτού κώδικα Arduino Mega 2560 (εικόνα 1). Επίσης δύο αισθητήρες μέτρησης φωτός Adafruit TLS2561 (εικόνα 2). Ο ένας για την μέτρηση της φωτεινής ισχύος του προσπίπτοντος φωτός ανά μονάδα επιφανείας και ο άλλος για την μέτρηση της φωτεινής ισχύος του ανακλώμενου.



Εικόνα 2. Ο αισθητήρας φωτεινότητας.



Εικόνα 1. Ο μικροελεγκτής Arduino Mega 2560

Αναφορές

- MODELING THE IMPACTS OF LARGE-SCALE ALBEDO CHANGES ON OZONE AIR QUALITY IN THE SOUTH COAST AIR BASIN. HAIDER TAHA, *Atmospheric Environment* Vol. 31, No. 11, pp. 1667-1676, 1997.
- Satellite Measurement Program to Determine Ozone Concentration and Albedo in the Near Ultraviolet SEMIANNUAL TECHNICAL NOTE (1 Januy-30June 1962) Prepared by E. B. Mayfield and R. M. Friedman. El Segundo, California.
- Tom Markvart; Luis Castañer (2003). *Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications*. Elsevier. ISBN 1-85617-390-9.
- ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 94, August 2014, Pages 194–212, Derivation of an urban materials spectral library through emittance and reflectance spectroscopy, Simone Kotthaus, Thomas E.L. Smith, Martin J. Wooster, C.S.B. Grimmond, <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.05.005>, σελ. 210.
- <http://physics.nist.gov/cuu/Units/candela.html>
- <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/calibrations/sp250-37.pdf> σελ. 2.
- SPECTRAL ALBEDO MEASUREMENTS IN THE UV AND VISIBLE REGION OVER DIFFERENT TYPES OF SURFACES. UWE FEISTER* and ROLF GREWE *Photochemistry and photobiology* Vol. 62, NO. 4. pp. 736-744, 1995.
- Reflectance and Albedo, Surface J.A. Coakley, Oregon State University Elsevier. σελ. 1915
- <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TSL2561.pdf> σελ. 22.
- <https://corona-renderer.com/forum/index.php?topic=2359.0>
- Vision: Images, Signals and Neural Networks: Models of Neural Processing in Visual Perception, Jeanny Herault, World Scientific Publishing Co Inc, σελ 15
- Albedo, Endre Dobos, University of Miskolc, Miskolc-Egyetemvaros, Hungary σελ. 1

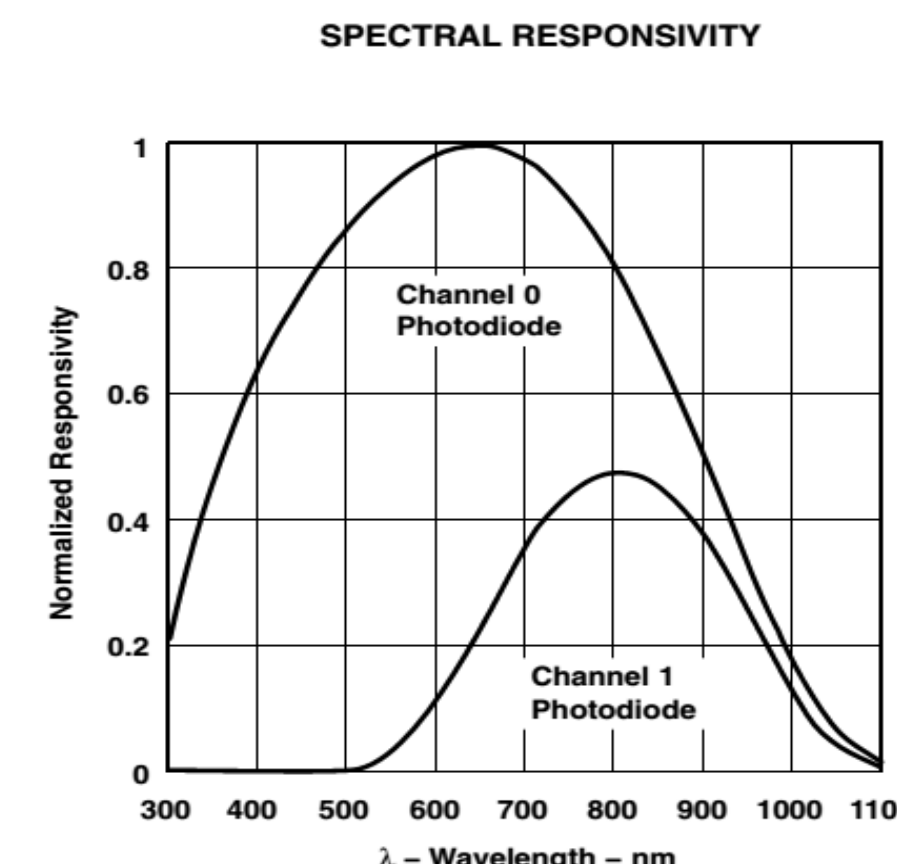


Εικόνα 3. Η πειραματική διάταξη συναρμολογημένη.

Η καμπύλη απόκρισης του αισθητήρα στα μήκη κύματος από 300 – 1100 nm για τις δύο φωτοδιόδους παρουσιάζεται στο σχήμα 1.

Λόγω της καμπύλης απόκρισης ο αισθητήρας μετρά φωτεινή ισχύ ανά μονάδα επιφανείας E_v και όχι ισχύ ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας E_e .

Τα δύο φυσικά μεγέθη E_v και E_e εξ ορισμού συνδέονται ως



Σχήμα 1. Καμπύλη φασματικής απόκρισης για τις δύο φωτοδιόδους του αισθητήρα

όπου $V(\lambda)$ είναι η καμπύλη απόκρισης του ανθρώπινου ματιού.

Επομένως οι μετρήσεις μας, που δίνουν φωτεινή ισχύ ανά μονάδα επιφανείας, αποκλίνουν από τον ορισμό των φυσικών μεγεθών της λευκαύγειας που αναφέρονται στην ισχύ ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας, στο ότι είναι προσαρμοσμένες στην απόκριση του ανθρώπινου ματιού.

Αποτελέσματα των μετρήσεων

Επιφάνεια	$E_{v,incident}$ (Lux) Με Φίλτρο	$E_{v,incident}$ (Lux) Χωρίς Φίλτρο	$E_{v,reflected}$ (Lux) Χωρίς Φίλτρο	α	$E_{e,incident} = E_{v,incident} / 683$ (Watt.m ⁻²)	e
Λευκή επιφάνεια εργαστηριακού πάγκου		950	600	0,63	1,39	0,00125
Συνθετικό ύφασμα μαύρου χρώματος		930	59	0,06	1,36	0,00312
Τοίχος χρώματος κίτρινου	13.450	125.220	22.716	0,18	183,34	0,367
Δάπεδο με μωσαϊκό ανοιχτόχρωμο	13.200	122.892	29.100	0,24	179,93	0,335
Δάπεδο με μωσαϊκό σκουρόχρωμο	13.350	124.289	19.100	0,15	181,97	0,376
Μόνωση οροφής πολυουρεθάνης	12.250	114.048	29.650	0,26	166,98	0,302
Μόνωση οροφής πολυουρεθάνης φθαρμ.	12.250	114.048	16.500	0,14	166,98	0,349
Κήπος	13.300	123.823	11.300	0,09	181,29	0,402

Συμπεράσματα:

■ Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήσαμε ένα ιδιοκατασκευασμένο όργανο που αποτελείται από έναν μικροελεγκτή Arduino, δύο αισθητήρες φωτός για να μετρήσουμε την λευκαύγεια διάφορων επιφανειών και για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής e επιπλέον έναν αισθητήρα θερμοκρασίας.

■ Αν και οι αισθητήρες μετρούσαν φωτεινή ισχύ ανά μονάδα επιφανείας (illuminance) και στον ορισμό της λευκαύγειας υπάρχει ισχύς ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφανείας (irradiance) οι τιμές της λευκαύγειας που μετρήθηκαν είναι συμβατές με τις τιμές που παρέχονται από την βιβλιογραφία. Ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα που προέκυψε είναι ότι η φθαρμένη μόνωση πολυουρεθάνης της οροφής έχει μικρότερη λευκαύγεια από την μόνωση σε καλή κατάσταση.

■ Κατά τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής των επιφανειών προέκυψαν τιμές που διαφέρουν από τις τιμές της βιβλιογραφίας, που όμως είναι μετρημένες μόνο στο υπέρυθρο φάσμα.

■ Μία σειρά προβλημάτων, θεωρητικών και τεχνικών, επιλύθηκαν κατά την κατασκευή του οργάνου και τις μετρήσεις. Η ακρίβεια του οργάνου μπορεί όμως να βελτιωθεί αν βαθμονομηθεί με πρότυπο όργανο και κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει σε μελλοντική εργασία.