



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Εισαγωγή στην Αστροφυσική

Ενότητα 1: Φυσική των Αστέρων

Ξενοφών Δ. Μουσάς
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής



Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

*Εισαγωγή στην Αστροφυσική
και Αστρονομία*

ΗΜ ακτινοβολία και Μέλαν σώμα

Ξενοφών Δ. Μουσάς,
Καθηγ. Φυσικής Διαστήματος

ΑΘΗΝΑ 2014

Βιβλιογραφία:

- **Μάνου Δανέζη και Στράτου Θεοδοσίου, Το Σύμπαν που αγάπησα, Εκδ. Δίαυλος, Αθήνα, 2012, ISBN: 978-960-531-288-6**
- **Χαράλαμπου Βάρβογλη και Γιάννη Χ. Σειραδάκη, Εισαγωγή στη σύγχρονη αστρονομία, Εκδότης: Γαρταγάνης, Αριθμός Σελίδων: 352, 1994**
- **Σταύρου Ι. Αυγολούπη και Ιωάννη Χ. Σειραδάκη, Παρατηρησιακή Αστρονομία, Εκδότης Πλανητάριο Θεσσαλονίκης, 2004, Αριθμός Σελίδων 246, ISBN 960-86810-3-0**
- **B. W. Carroll and D. A. Ostlie *An Introduction to Modern Astrophysics*, εκδ. Addison-Wesley, 1996 και 2013, ISBN-13: 978-1292022932**



Βιβλιογραφία:

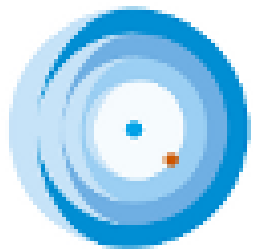
Επίσης:

- <http://www.astro.virginia.edu/class/majewski/ast551/lectures/LECTURE2/lec2b.html>
- <http://casswww.ucsd.edu/archive/public/tutorial/Stars.html>
- http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar_spectroscopy_introduction.html
- <http://handprint.com/ASTRO/>
- <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit1/sptypes.html>

Γενικώς μπορείτε να βρίσκετε επιστημονικά άρθρα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, αστροφυσικής, φυσικής, μαθηματικών, φιλοσοφίας ή οτιδήποτε, στην ιστοσελίδα:

- scholar.google.gr/
- Τα **άρθρα παρουσιάζονται με αξιολόγηση** και πρώτα αναφέρονται τα πιο χρησιμοποιημένα, τα κατά τεκμήριο πιο σημαντικά.





Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Λοιπών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22684958

Έκδοση: Πανεπιστημιακή Έκδοση/2012

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-288-6

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12212

Αριθμός τόμου: Τόμος 1

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-062-2

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

Το σύμπαν που αγάπησα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 12213

Αριθμός τόμου: Τόμος 2

Έκδοση: 3η έκδ./1999

Συγγραφείς: Δανέζης Μάνος, Θεοδοσίου Στράτος

ISBN: 978-960-531-063-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

1. Φυσική των Αστέρων

Εισαγωγή στην αστροφυσική

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42022440

Έκδοση: 1η/2014

Συγγραφείς: Αλυσσανδράκης Κ.

ISBN: 978-960-02-3058-1

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22846310

Έκδοση: Α' ΕΚΔΟΣΗ/2012

Συγγραφείς: ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΑΡΑΤΖΟΓΛΟΥ ΦΙΛΑΡΕΤΗ

ISBN: 978-960-530-148-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης Περιουσίας Πανεπιστημίου Πατρών

Διαθέτης (Εκδότης): ΔΙΑΥΛΟΣ Α.Ε. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ Ι

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 280

Αριθμός τόμου: Ι

Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-16-7

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 282

Αριθμός τόμου: ΙΙ

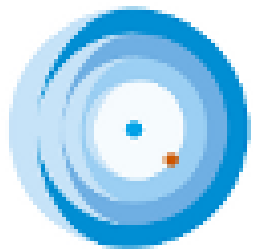
Έκδοση: 1η/2009

Συγγραφείς: SHU FRANK

ISBN: 978-960-7309-17-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ



Εύδοξος

Ηλεκτρονική Υπηρεσία Ολοκληρωμένης Διαχείρισης
Συγγραμμάτων και Αισιτών Βοηθημάτων

ΒΙΒΛΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50661503

Έκδοση: 2η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Αστροφυσική Πλάσματος

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 42116553

Έκδοση: 1η Έκδοση/2015

Συγγραφείς: Κανάρης Τσίγκανος

ISBN: 978-960-91748-2-4

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

Κοσμική Ακτινοβολία

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 45309

Έκδοση: 1η έκδ./2009

Συγγραφείς: Μαυρομιχαλάκη - Χριστοπούλου Ελένη

ISBN: 978-960-266-251-9

Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): Σ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Γενική Σχετικότητα

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 6236

Έκδοση: 3/2007

Συγγραφείς: Bernard F. Schutz

ISBN: 960-7122-21-6

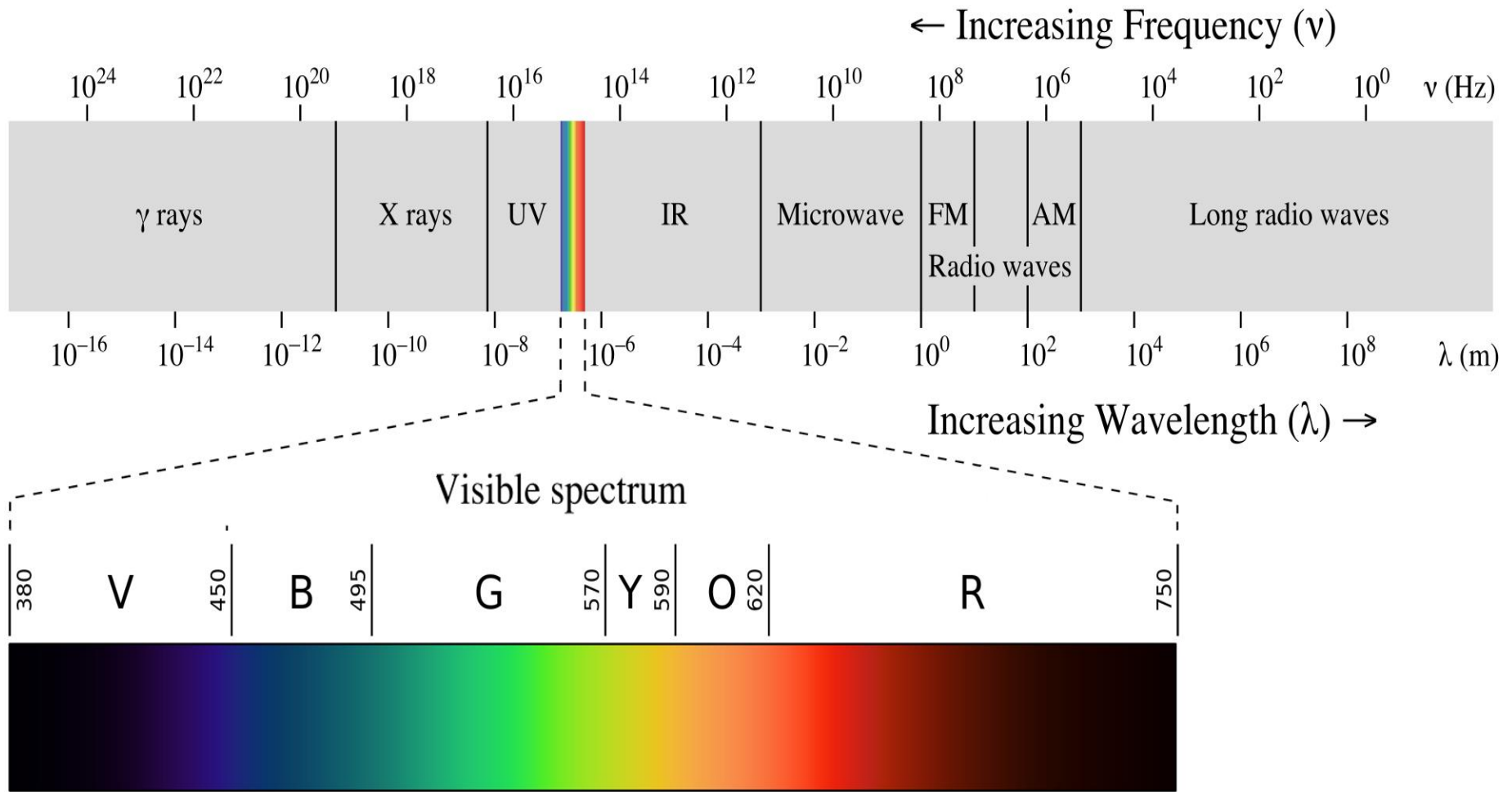
Τύπος: Σύγγραμμα

Διαθέτης (Εκδότης): ΤΡΑΥΛΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ

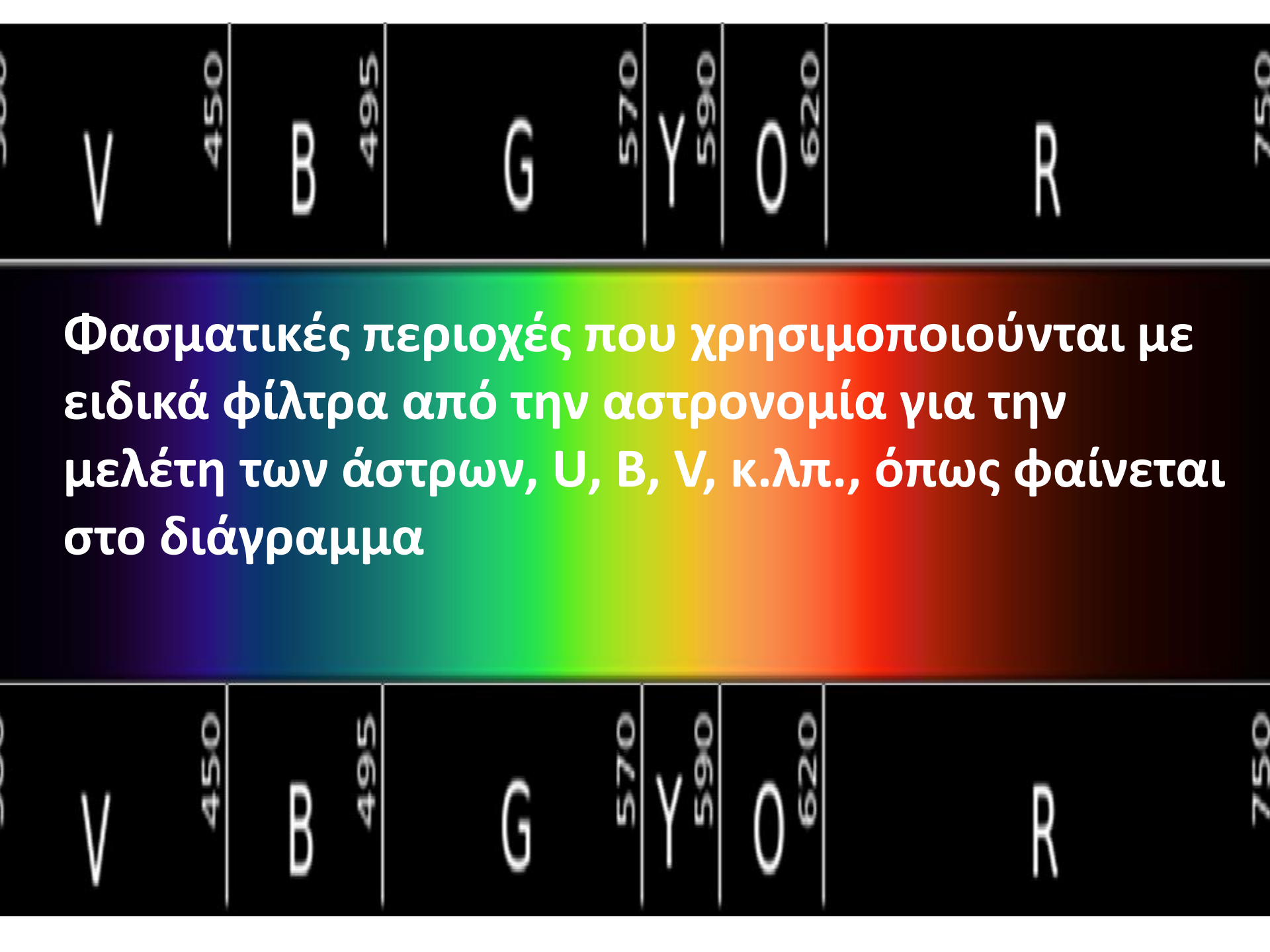
Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες Ευχαριστίες οφείλονται στη NASA, ESA, ESO, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF, SDO, SOHO

στους Ερευνητές και λοιπούς συντελεστές των επιγείων τηλεσκοπίων και διαστημικών πειραμάτων, στους κυρίους **Πάνο Παπασπύρου** Στράτο Κουφό, Νίκο Πασχάλη, για τις εικόνες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το μάθημα, σε αυτούς που μας έδωσαν μετρήσεις ή συμβουλές, στην Wikipedia για πολλές πολύτιμες εικόνες που προσφέρονται χωρίς δικαιώματα χρήσης και συνεπώς είναι πολύτιμες σε κάθε δάσκαλο.

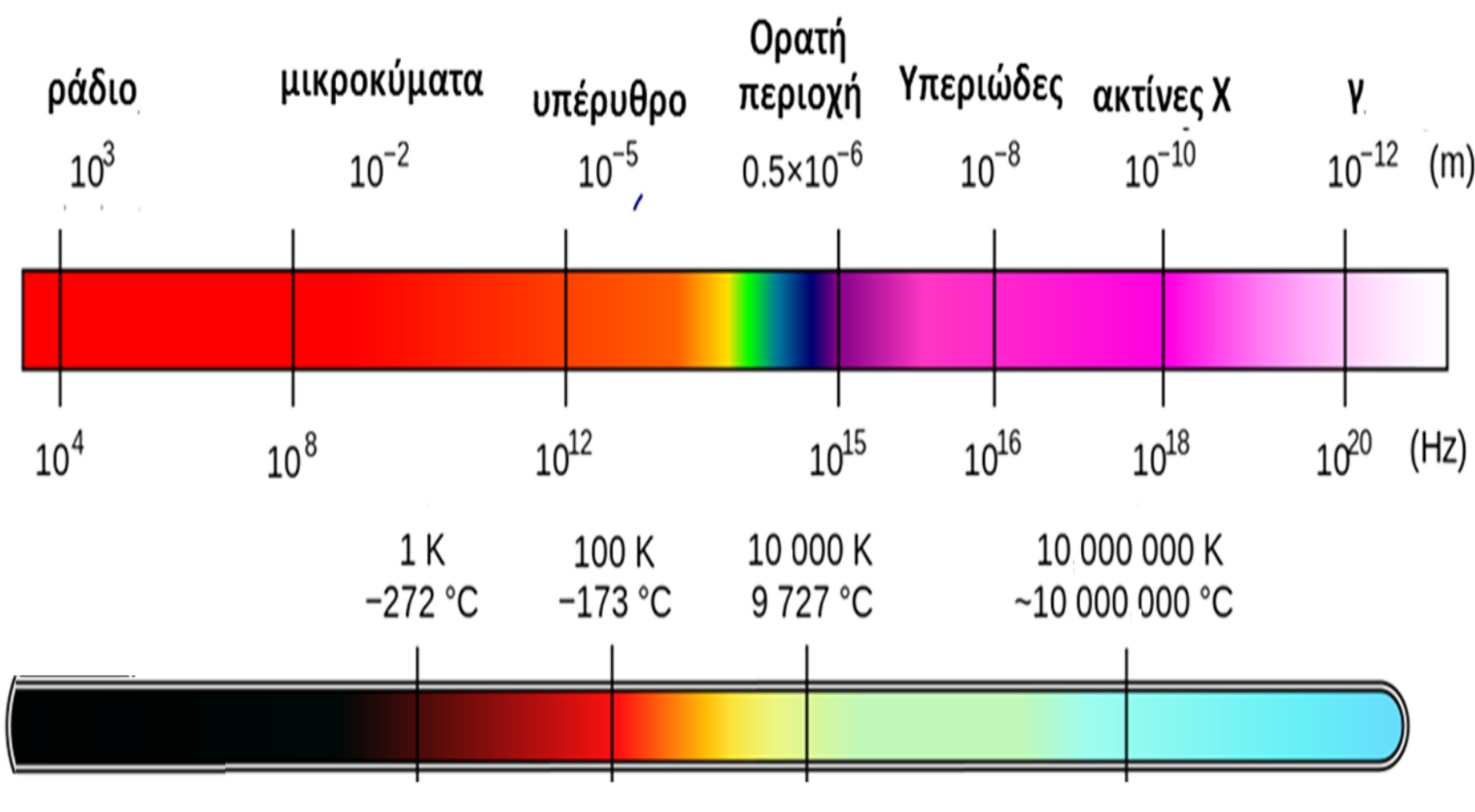


http://commons.wikimedia.org/wiki/File_talk:EM_spectrum.svg#mediaviewer/File:EM_spectrumrevised.png



Φασματικές περιοχές που χρησιμοποιούνται με ειδικά φίλτρα από την αστρονομία για την μελέτη των άστρων, U, B, V, κ.λπ., όπως φαίνεται στο διάγραμμα

Filter	Wavelength Range (nm)
V	450 - 495
B	495 - 570
G	570 - 590
Y	590 - 620
O	620 - 750
R	750 - 850



Παράδειγμα

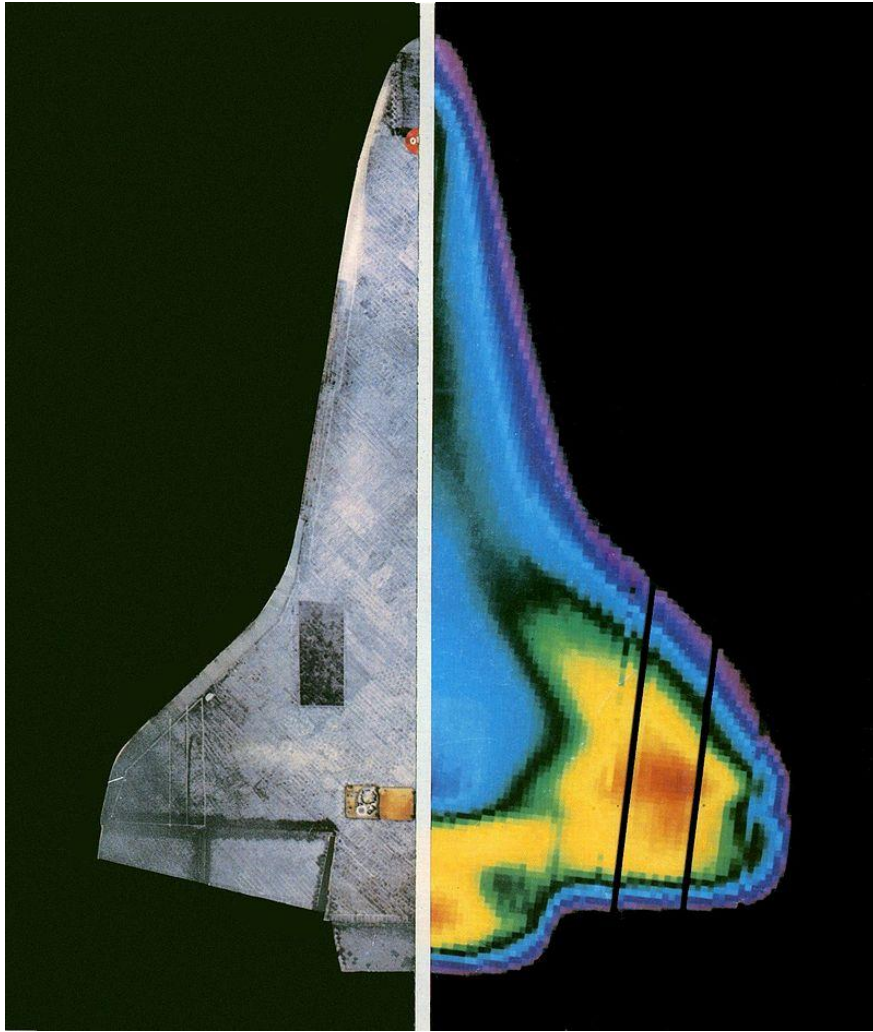
- Θερμοκρασία δέρματος 33°C.
- Ρουχισμός τη μειώνει σε 20°C.
- Η θερμική απώλεια ενός ατόμου είναι περίπου 100 W.
- Σε μια μέρα ~ 9 MJ ή or 2000 kcal.
- Ο μεταβολισμός ενός ατόμου 40 είναι ~ 35 kcal/(m²·h), ή 1700kcal/ημέρα αν έχει εμβαδό δέρματος γύρω στα 2 m².



$$P_{net} = A\sigma\epsilon (T^4 - T_0^4)$$

NASA/IPAC - Transwiki approved
by: w:en:User:Dmcdevit This image was copied
from wikipedia:en. The original description was:
This image comes from a NASA "Cool Cosmos"
website: http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_kids/learn_ir/index.html Compare it
to w:en:Image:Human-Infrared.jpg



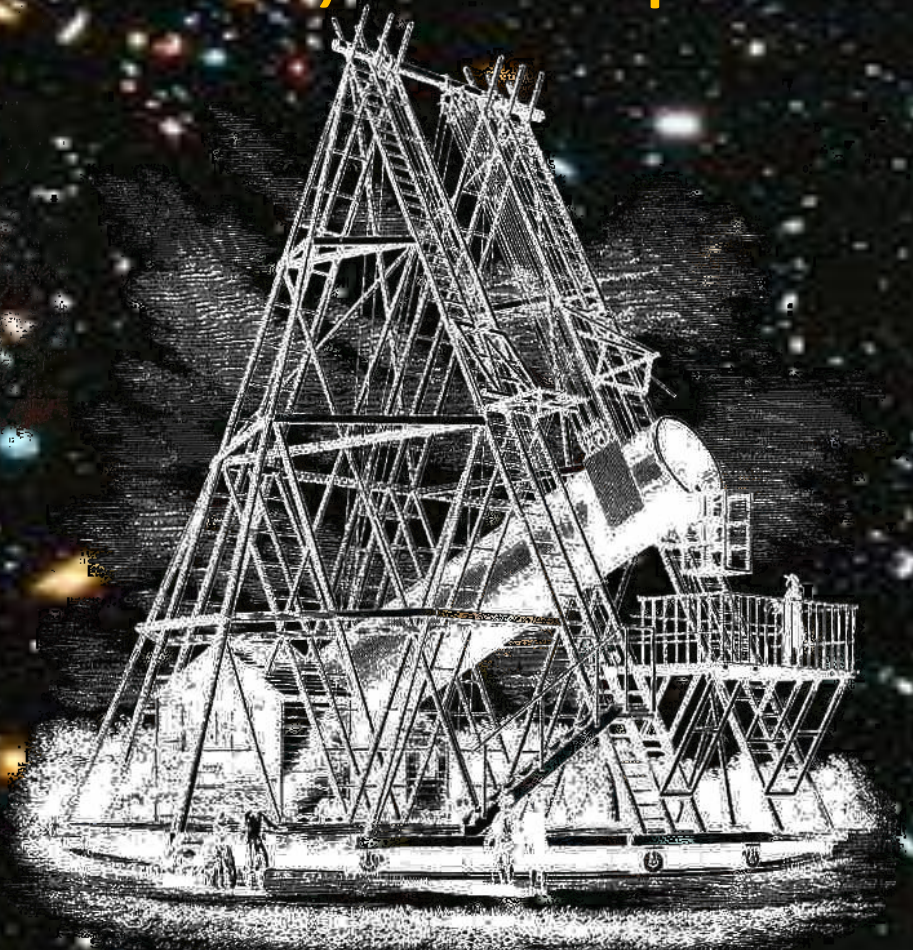


Θερμογραφία του διαστημικού λεωφορείου κατά την είσοδο στην ατμόσφαιρα της Γης

Infrared Camera "Takes Shuttle's Temperature" As the Shuttle Orbiter Columbia returned to Earth, March 30, 1982, an airborne infrared telescope made this image of its heating patterns.

The "heat picture" (right half) was taken aboard NASA's Kuiper Airborne Observatory, a Lockheed C-141 Starlifter aircraft specially equipped with a 91.5-cm (36-in.) aperture Cassegrain-type reflector telescope. The Kuiper Observatory aircraft made the image as Columbia raced overhead at a height of 56 kilometers (185,000 feet) at a speed of Mach 15.6. (NASA).

Ανακάλυψη της υπεριώδους ακτινοβολίας



Ο ερασιτέχνης αστρονόμος William Herschel ανακάλυψε τη υπεριώδη ακτινοβολία το 1800

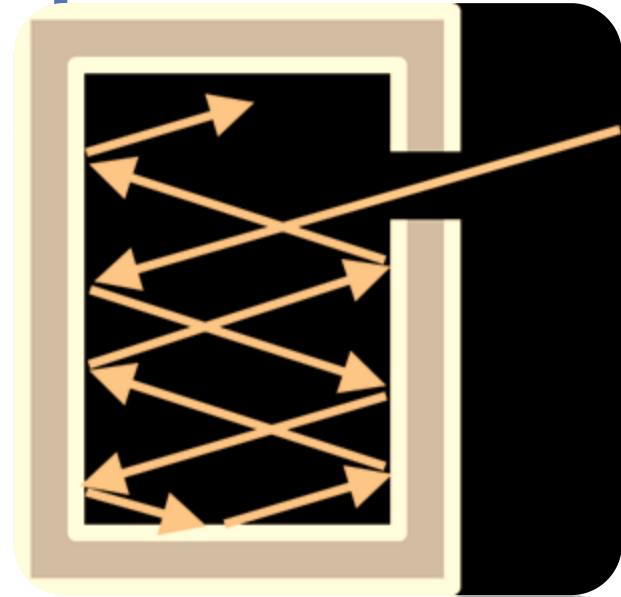
Το τεράστιο τηλεσκόπιο που έφτιαξε με την αδελφή του Καρολίνα

Max Planck

μέλαν σώμα



Max Planck
1878



μέλαν σώμα

Από τα κεραμίδια στα άστρα:

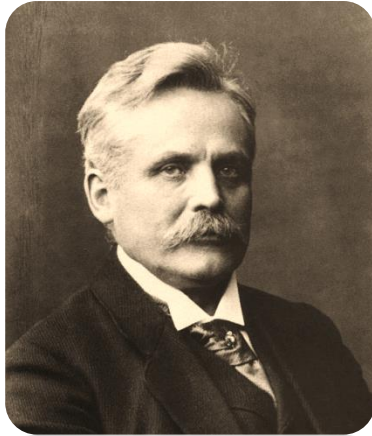
Εικόνα από wikipedia

Wedgwood -> Einstein & Planck

Η ιστορία του μέλανος σώματος, η κατανόηση του πώς εκπέμπουν ακτινοβολία
τα σώματα



Νόμος του Wien



Wilhelm Wien

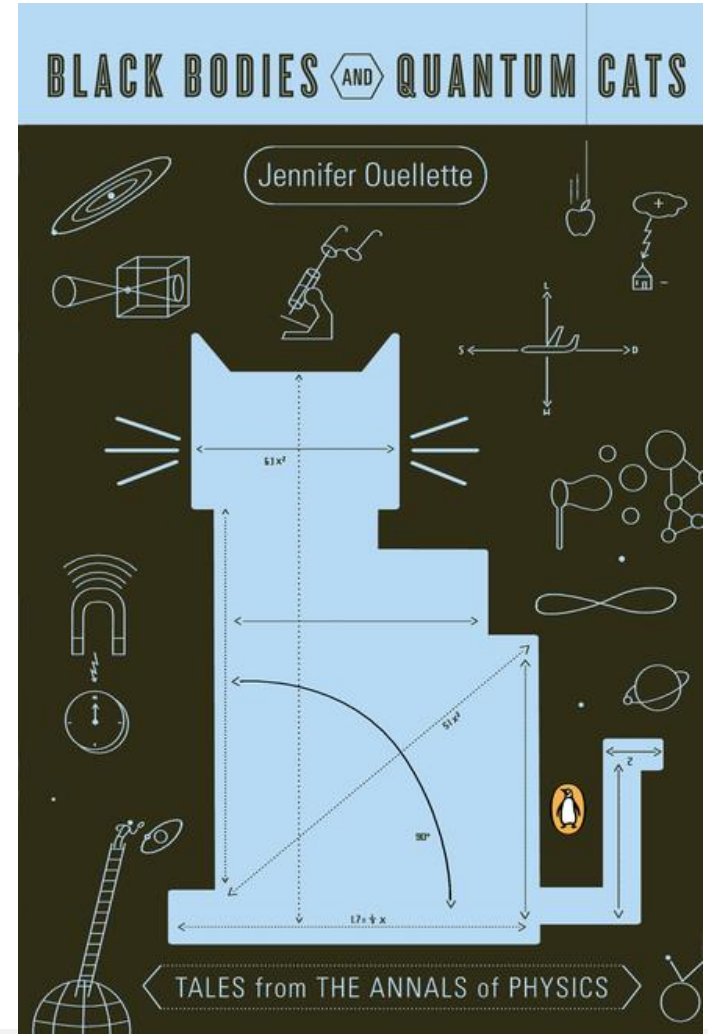
$$\lambda_{\max} = 0,29 \text{ cm} / T$$



βιβλίο

Black Bodies and Quantum Cats

- Tales from the Annals of Physics, υπό *Jennifer Ouellette*, Paperback, \$15.00, ISBN 9780143036036, 336 Pages,
- Penguin Books, 2005
- Μπορείτε να το βρείτε μεταχειρισμένο με τιμή \$0,01...





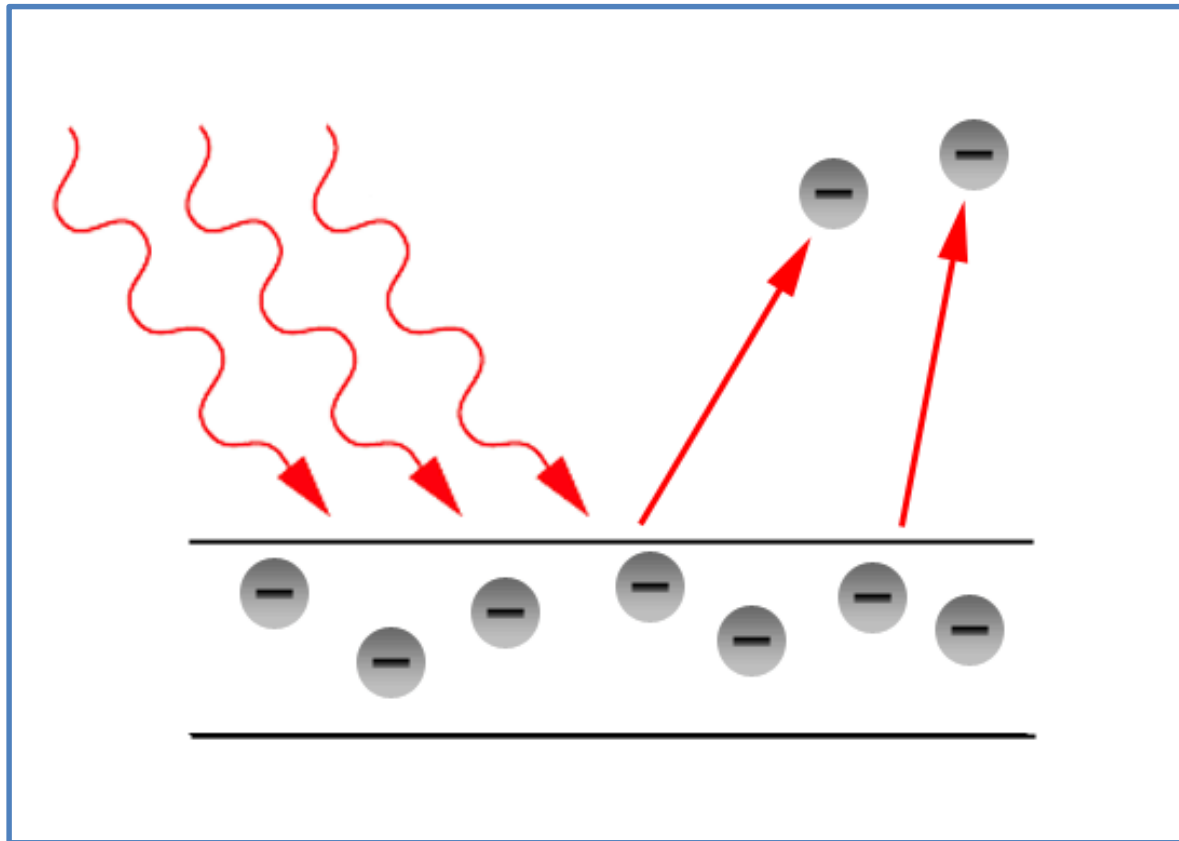
Planck

και

Einstein

<http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physpicgroups.html>

Η κατανόηση του Φωτοηλεκτρικού φαινομένου οδήγησε στην καλύτερη κατανόηση του μέλανος σώματος



https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%86%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF



*5. Über die von der molekularkinetischen Theorie
der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden
Flüssigkeiten suspendierten Teilchen;
von A. Einstein.*

In dieser Arbeit soll gezeigt werden, daß nach der molekularkinetischen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von mikroskopisch sichtbarer Größe infolge der Molekularbewegung der Wärme Bewegungen von solcher Größe ausführen müssen, daß diese Bewegungen leicht mit dem Mikroskop nachgewiesen werden können. Es ist möglich, daß

*6. Über einen
die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes
betreffenden heuristischen Gesichtspunkt;
von A. Einstein.*

Zwischen den theoretischen Vorstellungen, welche sich die Physiker über die Gase und andere ponderable Körper gebildet haben, und der Maxwell'schen Theorie der elektromagnetischen Prozesse im sogenannten leeren Raume besteht



Βιβλιογραφία για εμφάθυνα

- Einstein, Albert (1905). "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" (PDF). *Annalen der Physik* 17 (8): 549–560. Bibcode:1905AnP...322..549E. doi:10.1002/andp.19053220806. Retrieved 2008-08-25.
- English translation: "Investigations on the theory of Brownian Movement". Translated by A.D Cowper
- Einstein, Albert (1905-06-30). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik* 17 (10): 891–921. Bibcode:1905AnP...322..891E. doi:10.1002/andp.19053221004. See also a digitized version at Wikilivres:Zur Elektrodynamik bewegter Körper.
- English translations: "On the Electrodynamics of Moving Bodies". Translation by George Barker Jeffery and Wilfrid Perrett in *The Principle of Relativity*, London: Methuen and Company, Ltd. (1923)



- "On the Electrodynamics of Moving Bodies". Translation by Megh Nad Saha in *The Principle of Relativity: Original Papers by A. Einstein and H. Minkowski*, University of Calcutta, 1920, pp. 1–34:
- Einstein, Albert (1905). "Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?" (PDF). *Annalen der Physik* 18 (13): 639–641. Bibcode:1905AnP...323..639E. doi:10.1002/andp.19053231314. Retrieved 2008-02-18.
- English translations: "Does the Inertia of a Body Depend Upon Its Energy Content?". Translation by George Barker Jeffery and Wilfrid Perrett in *The Principle of Relativity*, London: Methuen and Company, Ltd. (1923).
- Stachel, John, et al., *Einstein's Miraculous Year*. Princeton University Press, 1998. ISBN 0-691-05938-1



Νόμος Stephan Boltzmann

- Ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας (αφειτική ικανότητα)

$$P = \sigma T^4 \quad \text{ή} \quad = \epsilon \sigma T^4$$

- σ Σταθερά Stephan



$$P = \sigma T^4$$

- Ένα σώμα θερμοκρασίας
- 100 K εκπέμπει 5,67 W/m²,
- Ενώ σε θερμοκρασία
- 1000 K εκπέμπει 56.700 W/m²



Max Planck



$$R_T(f)df = \frac{8\pi Vhf^3 df / c^3}{e^{hf/kT} - 1}$$



Ένα κλασικό βιβλίο

- Planck, M. (1915). Eight Lectures on Theoretical Physics. Wills, A. P. (transl.). Dover Publications. ISBN 0-486-69730-4
μεταχειρισμένο, **μόνο 0,3 ευρώ!**



Max Planck

$$dj/dl=(2\pi hc^2/\lambda^5)(e^{hc/\lambda kT}-1)^{-1}$$

ακτινοβολία

μέλανος σώματος

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$



Max Planck 1901

Βλ. προσομοίωση σε υπολογιστή: http://www.vias.org/simulations/simusoft_blackbody.html



Νόμος Planck

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} e^{-\frac{h\nu}{kT}} \quad I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} e^{-\frac{hc}{\lambda kT}}$$

- $I(\nu, T)$ ενέργεια εκπεμπόμενη από μονάδα επιφάνειας ανά χρόνο, κάθετα στην επιφάνεια, ανά συχνότητα ή μήκος κύματος
- T η θερμοκρασία του μέλανος σώματος
- h σταθερά του Planck
- c ταχύτητα φωτός
- k η σταθερά του Boltzmann



Νόμος Stefan–Boltzmann

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \qquad P = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

- σ Σταθερά Stefan–Boltzmann

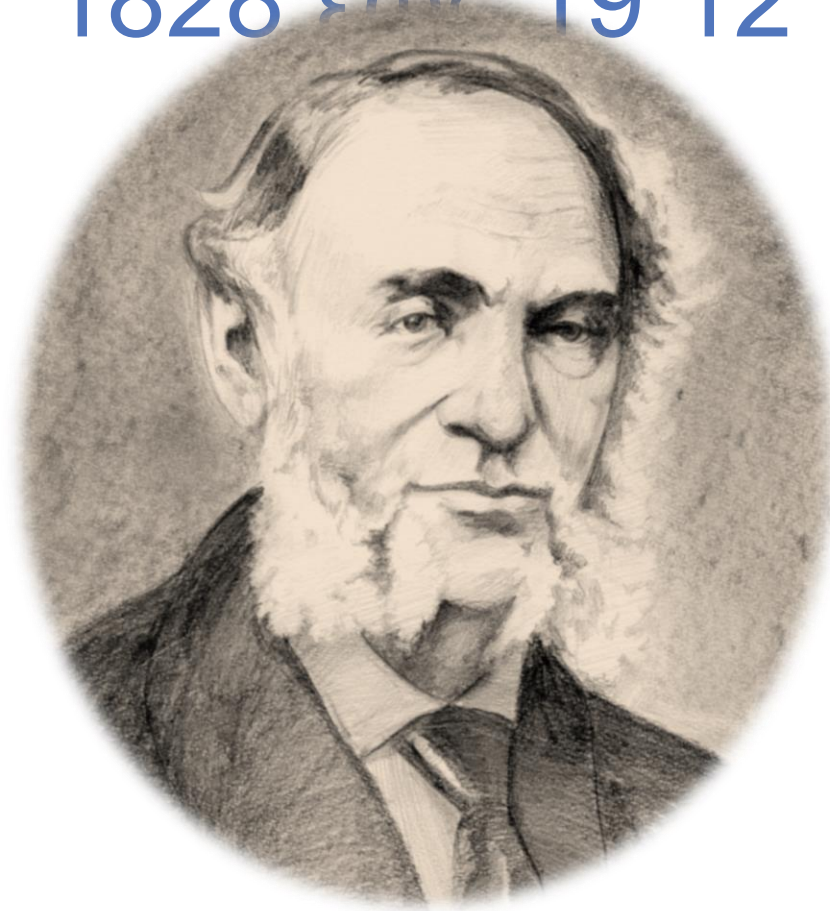
Νόμος του Wien

- $\lambda_{\max} = 0,29 / T = 2,897 / T$



Balfour Stewart

(1 11 1828 έως 19 12 1887)





Νόμος Stephan Boltzmann



- Ο νόμος αυτός μόνο για **μελανά σώματα**, ιδανικά σώματα, που είναι είτε τέλει εκπομποί, ή
- **φαιά σώματα** με συντελεστή εκπομπή (ϵ) ανεξάρτητο του μήκους κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας

$$R_T = \sigma \epsilon T^4$$

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.670400 \times 10^{-8} \text{Js}^{-1} \text{m}^{-2} \text{K}^{-4}$$



Planck

Το φάσμα ενός μέλανος σώματος θερμοκρασίας T . Συναρτήσει της συχνότητας ν ,

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}.$$

- Έχει μέγιστο εκεί που $h\nu = 2.82kT$
- Συναρτήσει του μήκους κύματος λ γίνεται για μοναδιαία στερεή γωνία

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}.$$



Οι συναρτήσεις
 $I(\nu, T)$ και $I(\lambda, T)$
φυσικά **δεν είναι ίδιες**



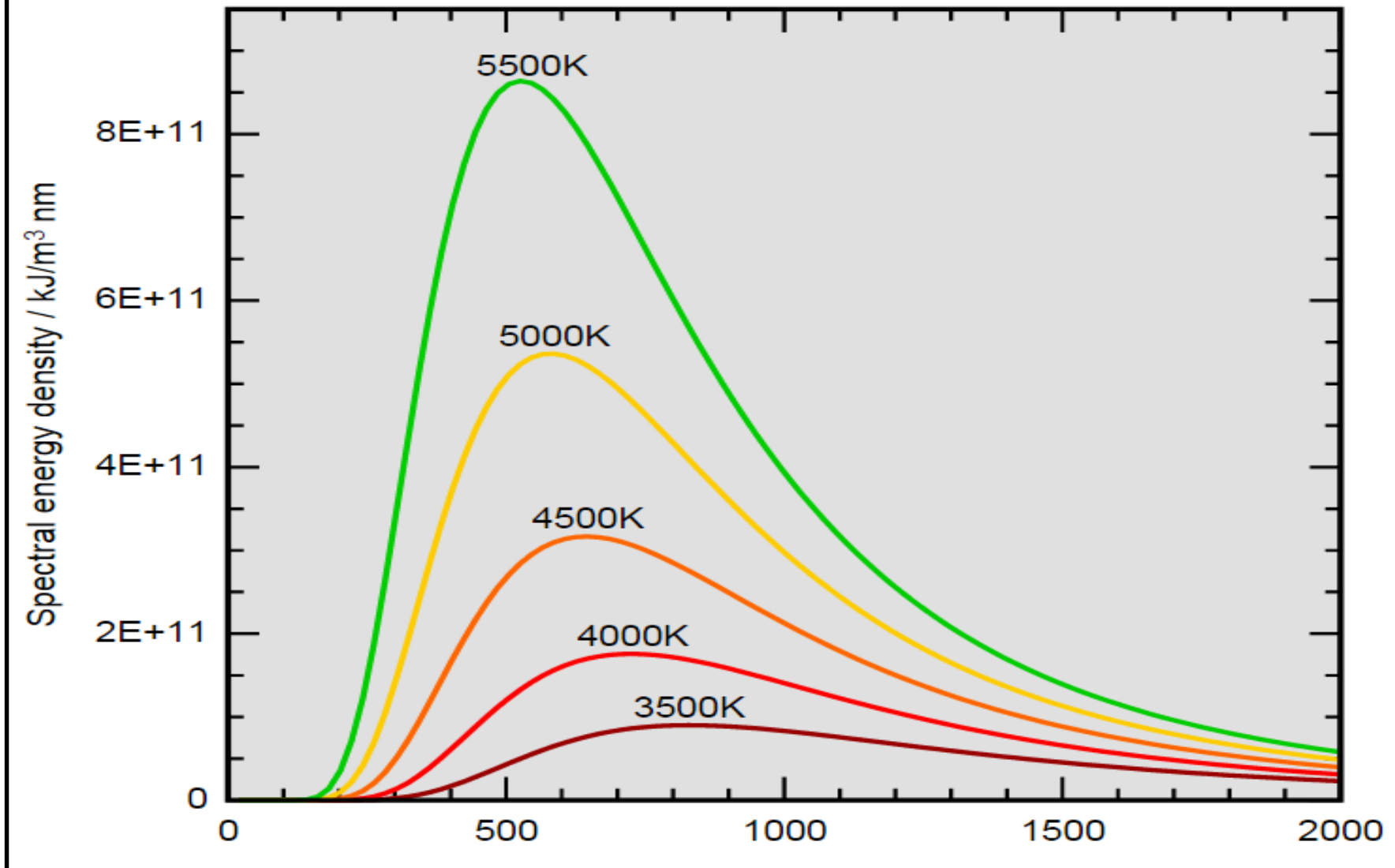
Βλ. http://en.wikipedia.org/wiki/Planck%27s_law

Οι συναρτήσεις $I(\nu, T)$ και $I(\lambda, T)$
σχετίζονται με

$$I(\nu, T) d\nu = -I(\lambda, T) d\lambda.$$

$$d\nu = d\left(\frac{c}{\lambda}\right) = c d\left(\frac{1}{\lambda}\right) = -\frac{c}{\lambda^2} d\lambda.$$





Φάσματα μέλανος σώματος σε διάφορες θερμοκρασίες, Wikimedia

Το φάσμα του μέλανος σώματος κατά Planck

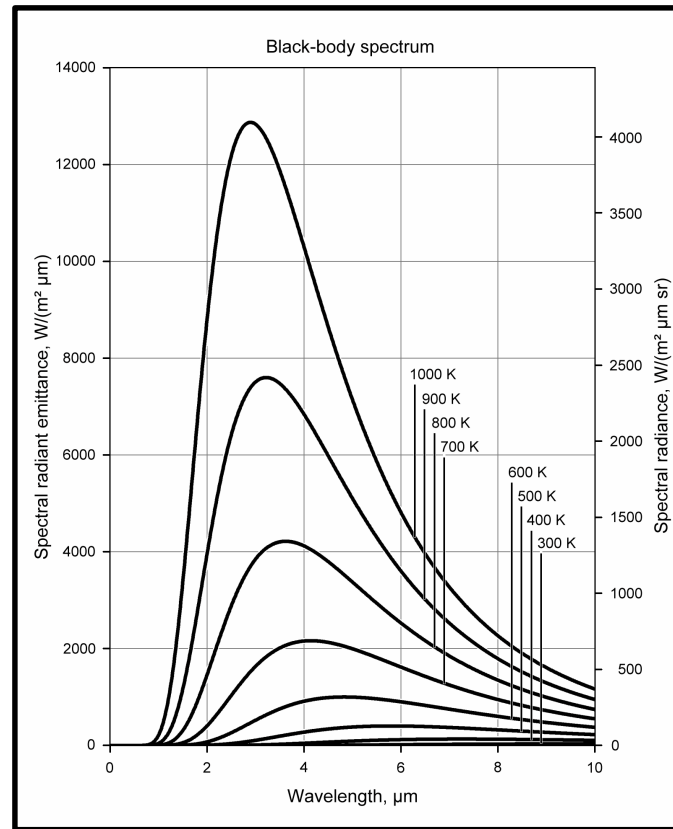
$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

$$u(\nu, T) = \frac{4\pi}{c} I(\nu, T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

- $u(\lambda, T)$ ενέργεια εκπεμπόμενη από μονάδα επιφάνειας ανά χρόνο, ανά στερεή γωνία, ανά συχνότητα ή μήκος κύματος
- T η θερμοκρασία του μέλανος σώματος
- h σταθερά του Planck
- c ταχύτητα φωτός
- k η σταθερά του Boltzmann
- Νόμος Stefan–Boltzmann
- σ Σταθερά Stefan–Boltzmann
- Νόμος του Wien
- $\lambda_{\max} = 0,29 / T = 2,897 / T$



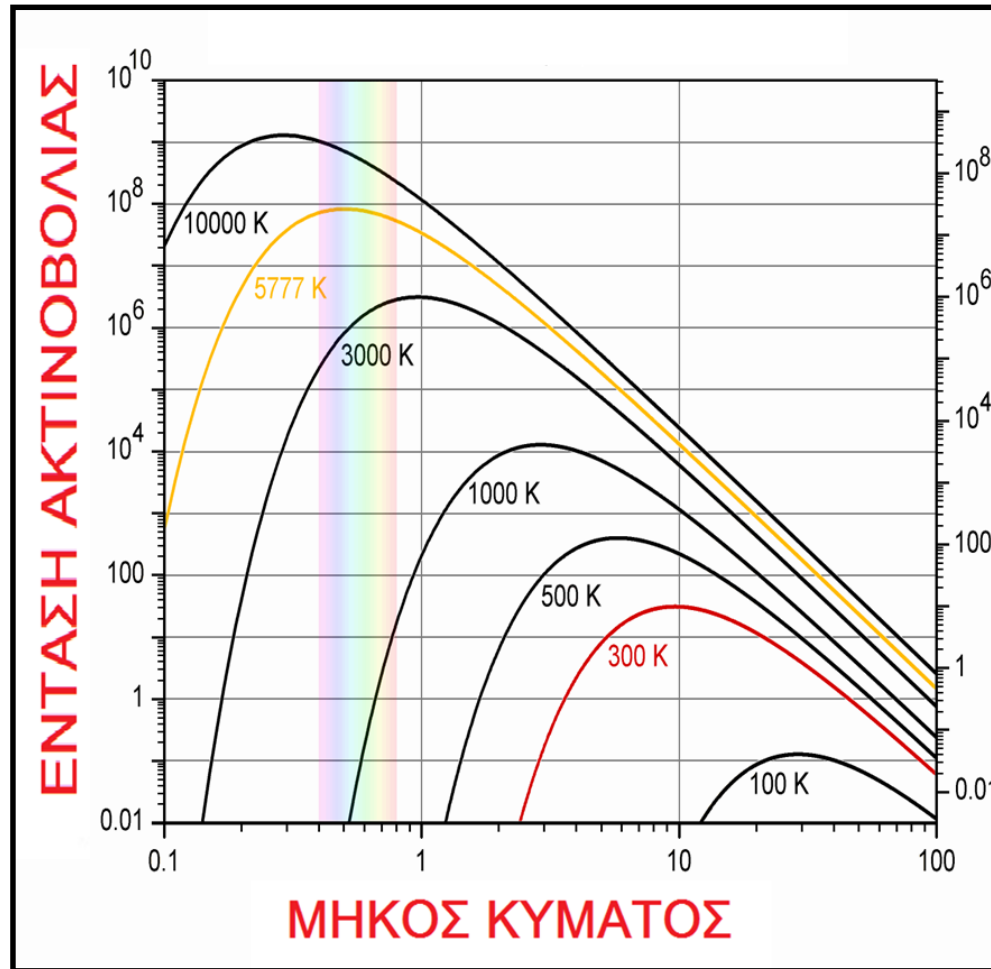
Γραμμικές κλίμακες



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/BlackbodySpectrum_lin_150dpi_en.png
σχήμα από τον κ. Sch

Μέλανα σώματα και νόμος του Wien

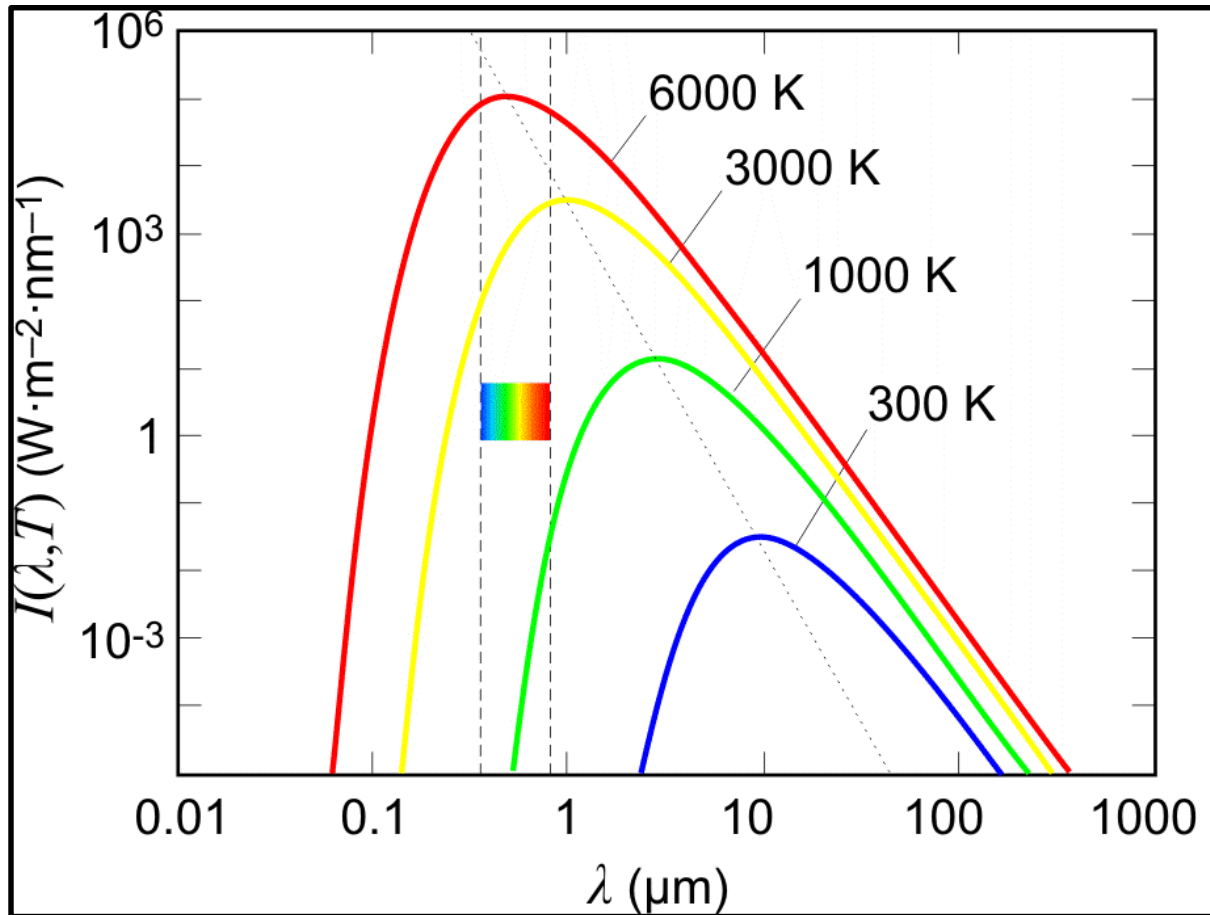
$T = 0,29 \text{ cm} / \lambda_{\text{max}}$ (κόκκινη γαλάζια γραμμή)



Σχήμα από https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BlackbodySpectrum_loglog_150dpi_en.png

Μέλανα σώματα και νόμος του Wien

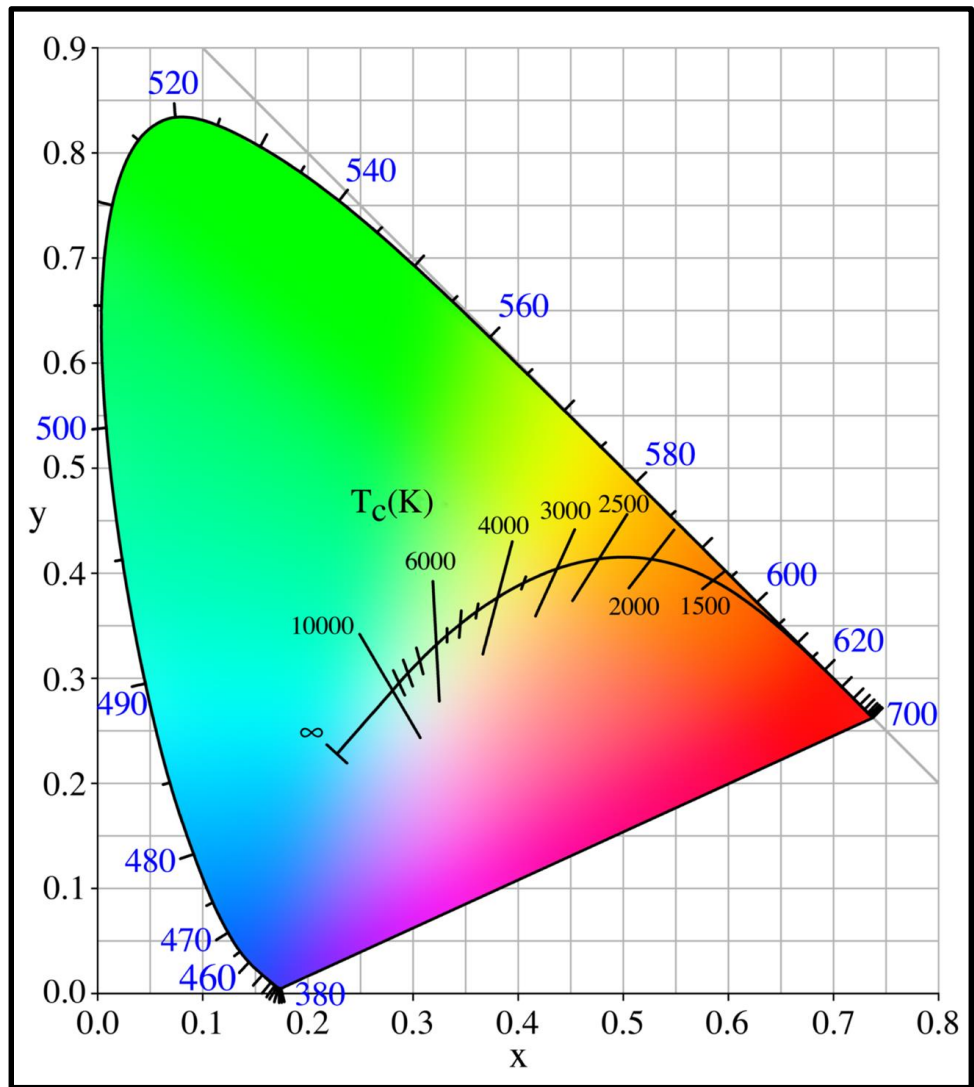
$$T = 0,29 \text{ cm} / \lambda_{\text{max}} \quad (\text{κόκκινη γαλάζια γραμμή})$$



Σχεδιάστηκε από τον κ. HighTemplar

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/Planck_law_log_log_scale.png

1. Φυσική των Αστέρων



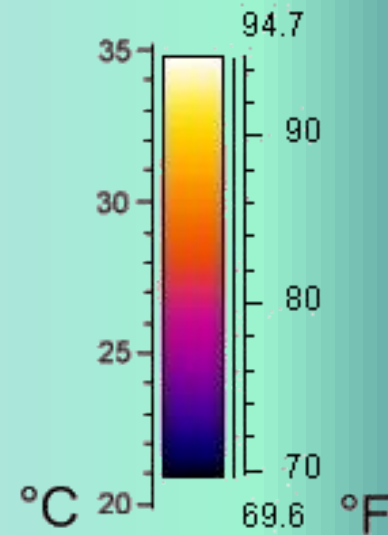
Χρωματικό διάγραμμα

Διακρίνεται ο γεωμετρικός τύπος των σημείων του Planck

CIE xy 1931 chromaticity diagram including the Planckian Locus. The Planckian locus is the path that a black body color will take through the diagram as the black body temperature changes. Lines crossing the locus indicate lines of constant correlated color temperature. Monochromatic wavelengths are shown in blue in units of nanometers. Latest version (16 April 2005) uses 1931 CIE standard observer, since this is the most commonly used standard observer.

Wikimedia

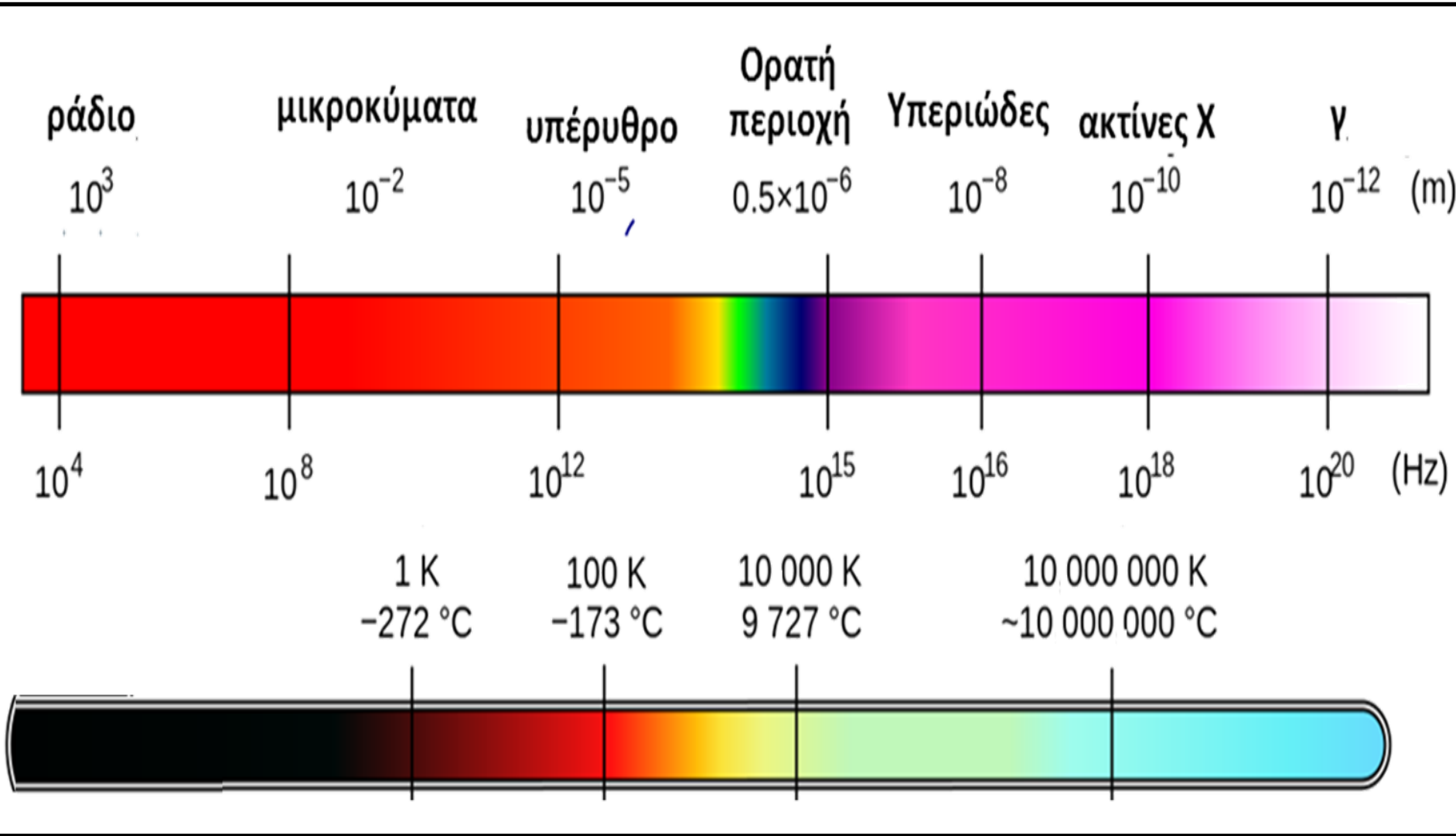




Θερμογραφία ενός σκύλου

NASA/IPAC - http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/image_galleries/ir_zoo/dog.html





Το χρώμα μέλανος σώματος αλλάζει με την θερμοκρασία

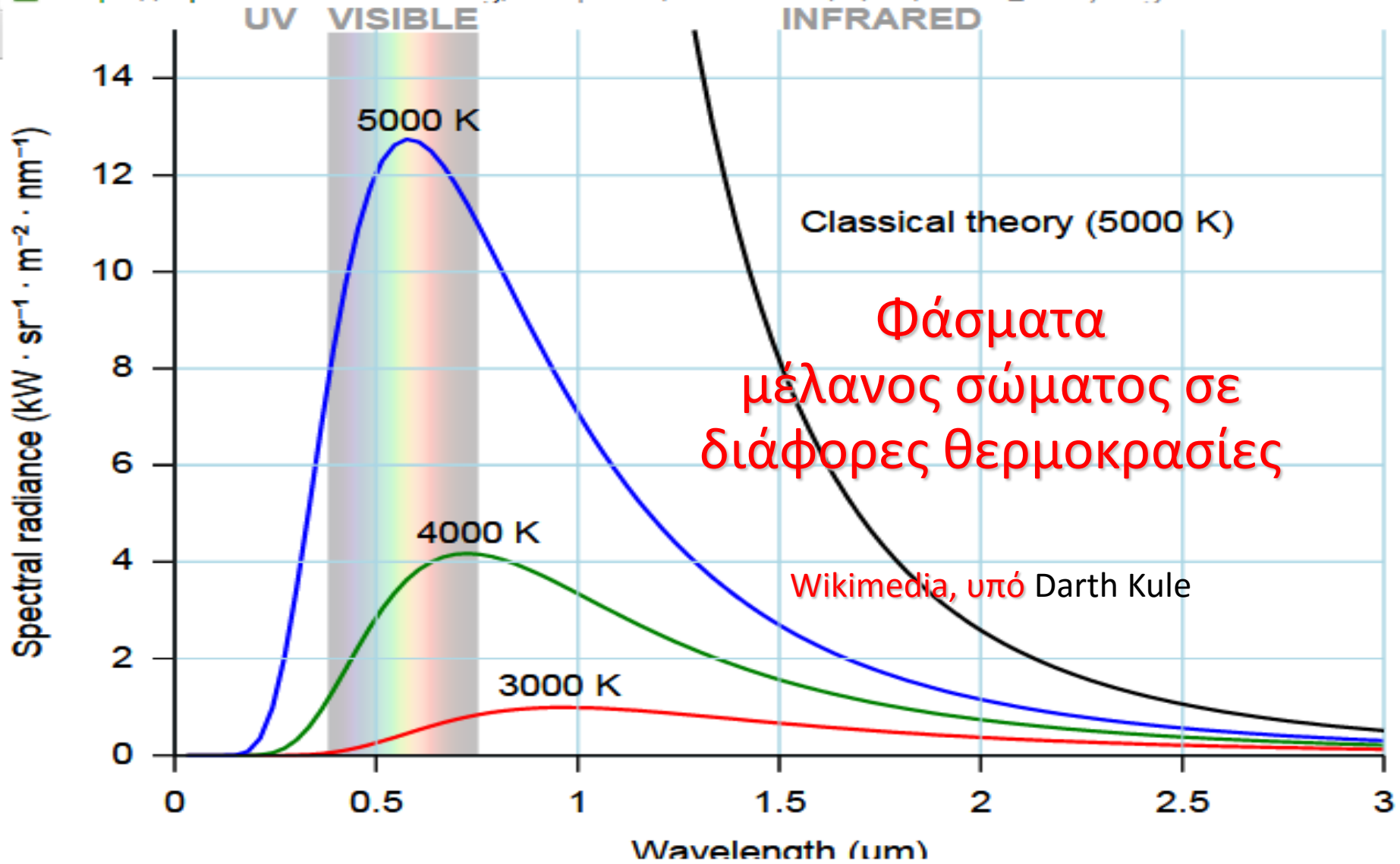
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/InfraredAstronomy/ch01s02.html>

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics>

http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html

<http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/blackbody-radiation>





Φάσματα
μέλανος σώματος σε
διάφορες θερμοκρασίες

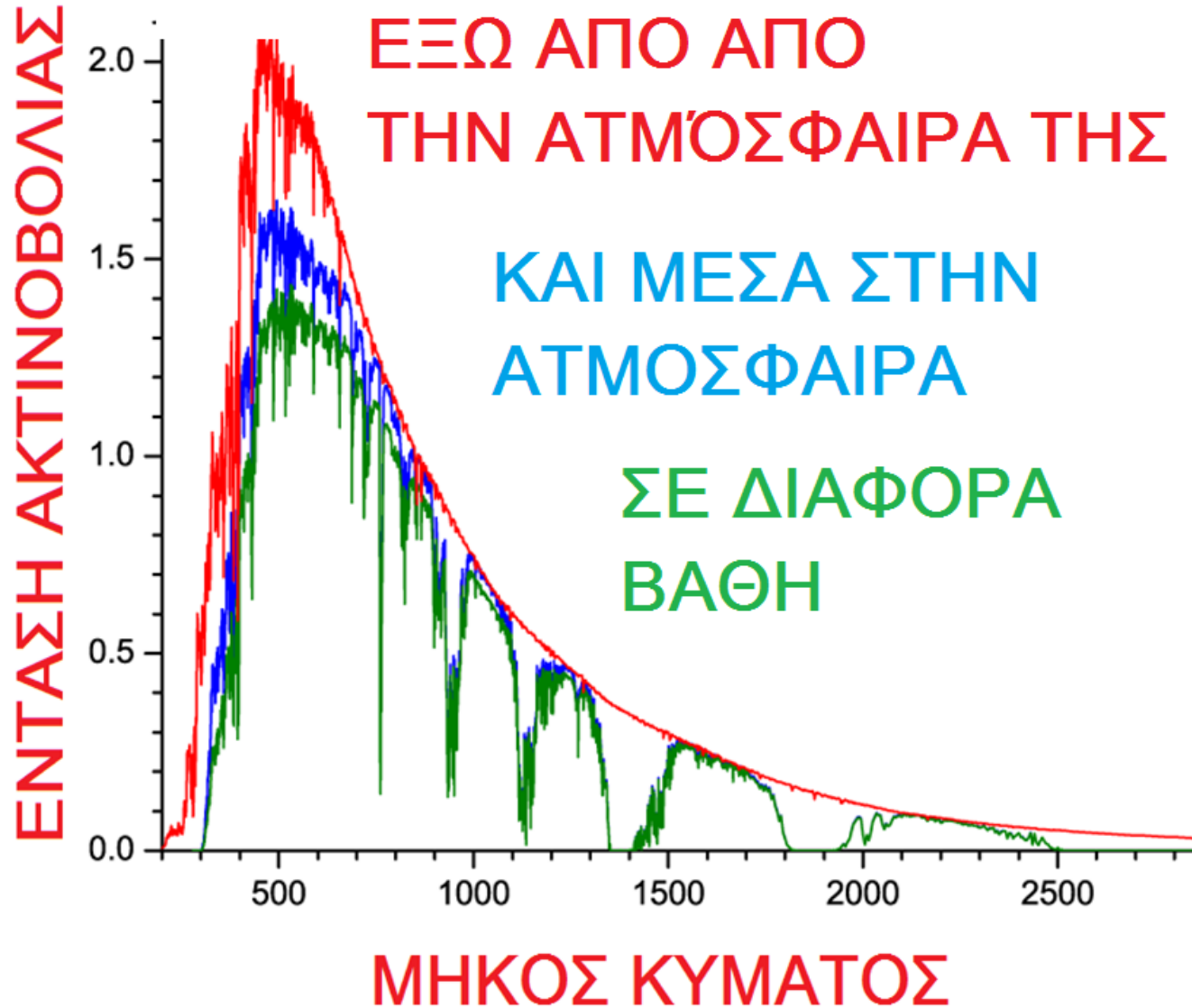
Wikimedia, υπό Darth Kule



ΦΑΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΕΞΩ ΑΠΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ
ΒΑΘΗ



Φάσματα άστρων διαφόρων θερμοκρασιών

O5
O7
O8
O9.5
B1.5
B4
A1
A2
A5
A7
F0
F5
F7
F8
G0
G3
G7
K0
M0

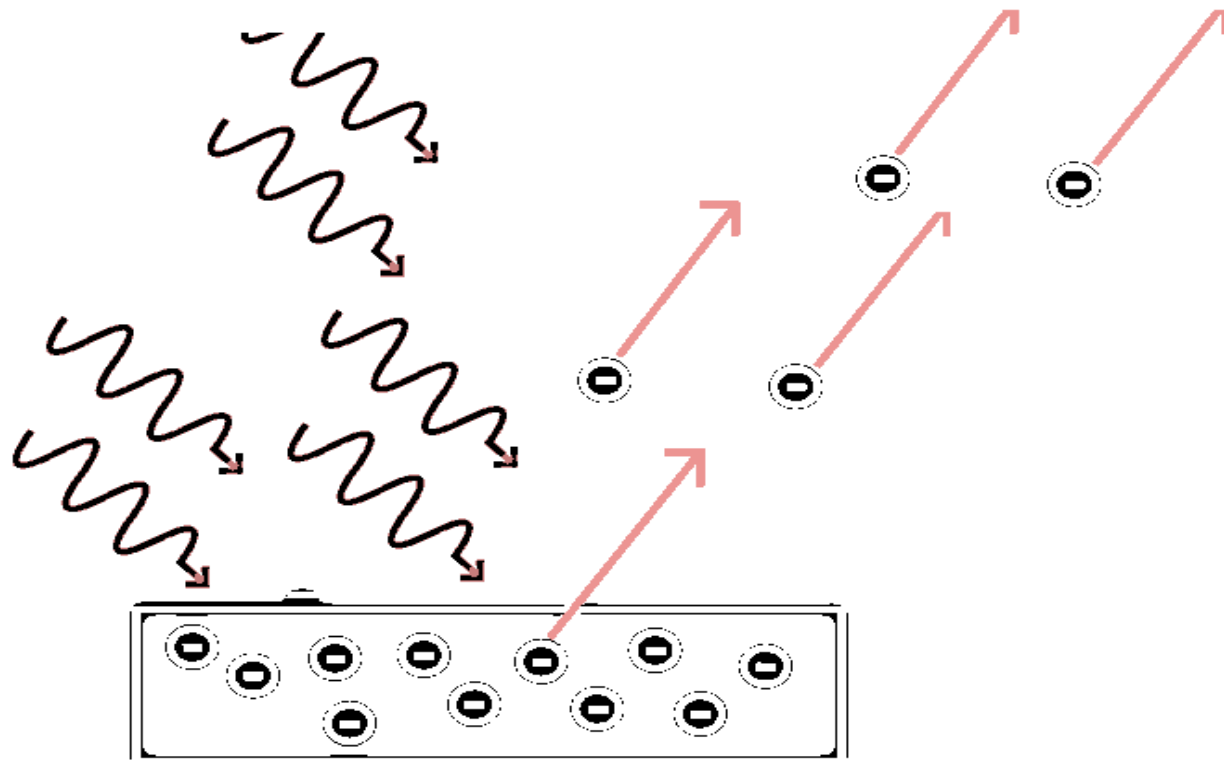


Φως στην περιοχή υπεριώδους, φωτόνια σχετικά μεγάλης
ενέργειας

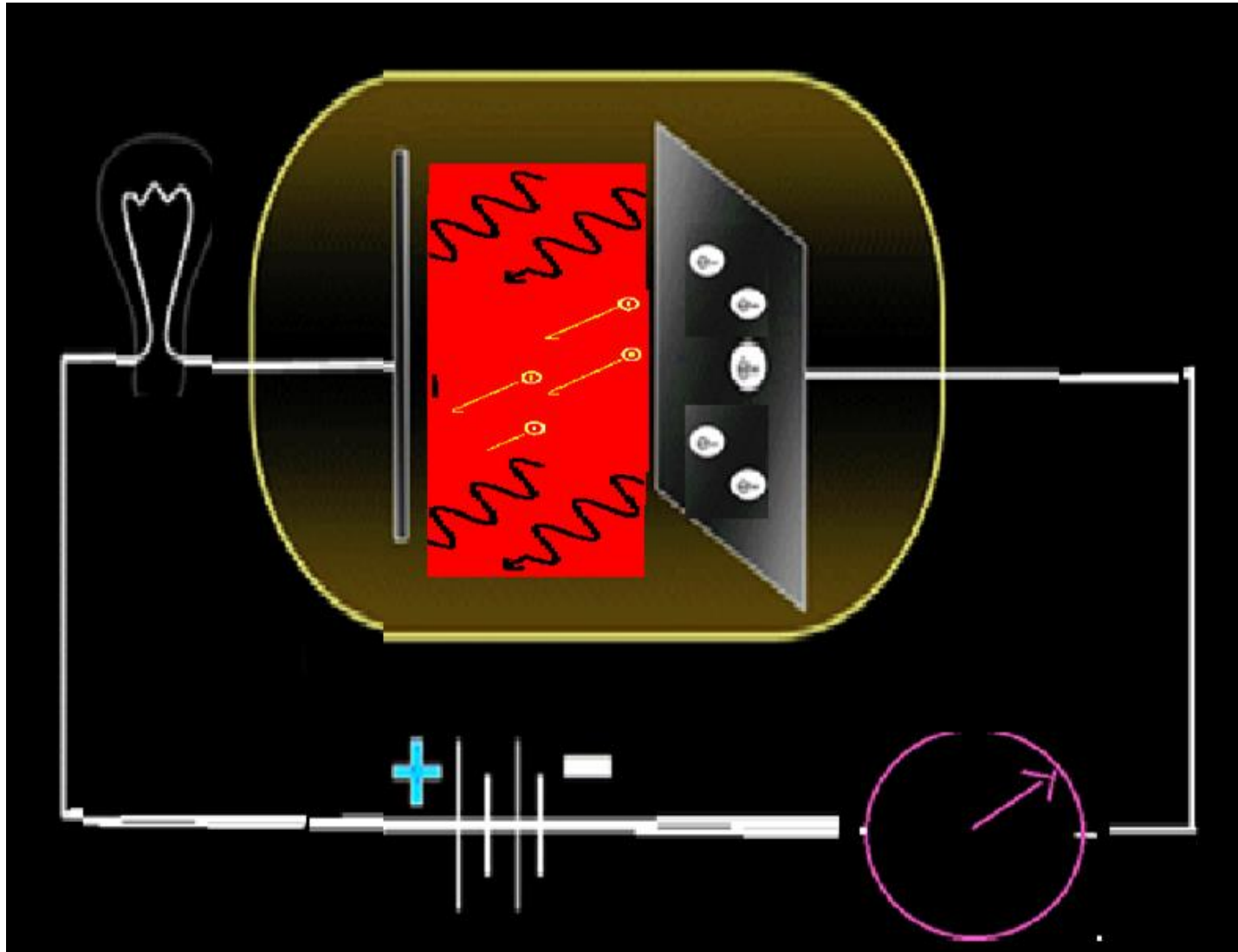
πέφτει σε υλικό και εκπέμπονται ηλεκτρόνια

Max Planck, $E=h\nu$.

http://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_effect



Φως στην περιοχή υπεριώδους, φωτόνια σχετικά μεγάλης ενέργειας
Max Planck, $E=h\nu$.



$$\text{Φως, } E = h \underset{\text{σταθερά δράσης Planck}}{\nu} \underset{\text{συχνότητα}}{\nu}$$
$$E = p \underset{\text{ορμή}}{c} c$$

- Ο Αμερικανός Χημικός Gilbert Newton Lewis ονόμασε (1926) το στοιχειώδες ερέθισμα (κβάντο) του κβαντισμένου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ως **Φωτόνιο**.
- αντικείμενα μελέτης της κβαντοηλεκτροδυναμικής, του τυπικού μοντέλου (Standard models) της Φυσικής σωματιδίων.
- Φωτόνια είναι τα "δομικά υλικά" της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, "σωματίδια φωτός".
- τα κινούμενα στοιχειώδη σωματίδια, άρα και τα Φωτονίων, έχουν ιδιότητες κυμάτων (Louis de Broglie).
- κυματοσωματιδιακός δυϊσμός



$$\text{Φως, } E = h \underset{\text{σταθερα δράσης Planck}}{\nu} \underset{\text{συχνότητα}}{\nu}$$
$$E = p \underset{\text{ορμή}}{c} c$$

- Το φωτόνιο είναι ένα κβάντο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ενέργειας).
- Είναι μποζόνιο με σπιν 1,
- μάζα ηρεμίας και φορτίο 0.
- Είναι ο φορέας της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης, ηλεκτρομαγνητικής δύναμης.



Φως, $E=h\nu$

- de Broglie κυματοσωματιδιακές ιδιότητες των ηλεκτρονίων (1927)
- $E = E^{\circ} \sin (kx - \omega t)$
- $B = B^{\circ} \sin (kx - \omega t)$
- **Διάνυσμα Poynting $S = \Sigma c^2 \mathbf{E} \times \mathbf{B}$**
- Η μέση τιμή της ισχύος της ΗΜ ακτινοβολίας
- λέγεται Ενταση Ακτινοβολίας,
- **“irradiance” ή “intensity”**.



Ο L. de Broglie, ένας ιστορικός που έγινε επιτυχεστάτος θεωρητικός φυσικός, ήταν συχνός επισκέπτης της Ελλάδας

- Ο Wedgwood δημοσίευσε την ενδιαφέρουσα ανάλυσή του για την παραγωγή του φωτός από θερμαινόμενες ουσιών το 1792.
- Αξίζει να ρίξετε μια ματιά:
- <http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/82/28.full.pdf+html>



- **υποκειμενικό χρώμα**

480 αμυδρή κόκκινη λάμψη

580 σκούρο κόκκινο

730 έντονο κόκκινο, πορτοκαλί ελαφρώς

930 έντονο πορτοκαλί

1100 χλωμό χρώμα κίτρινο-πορτοκαλί

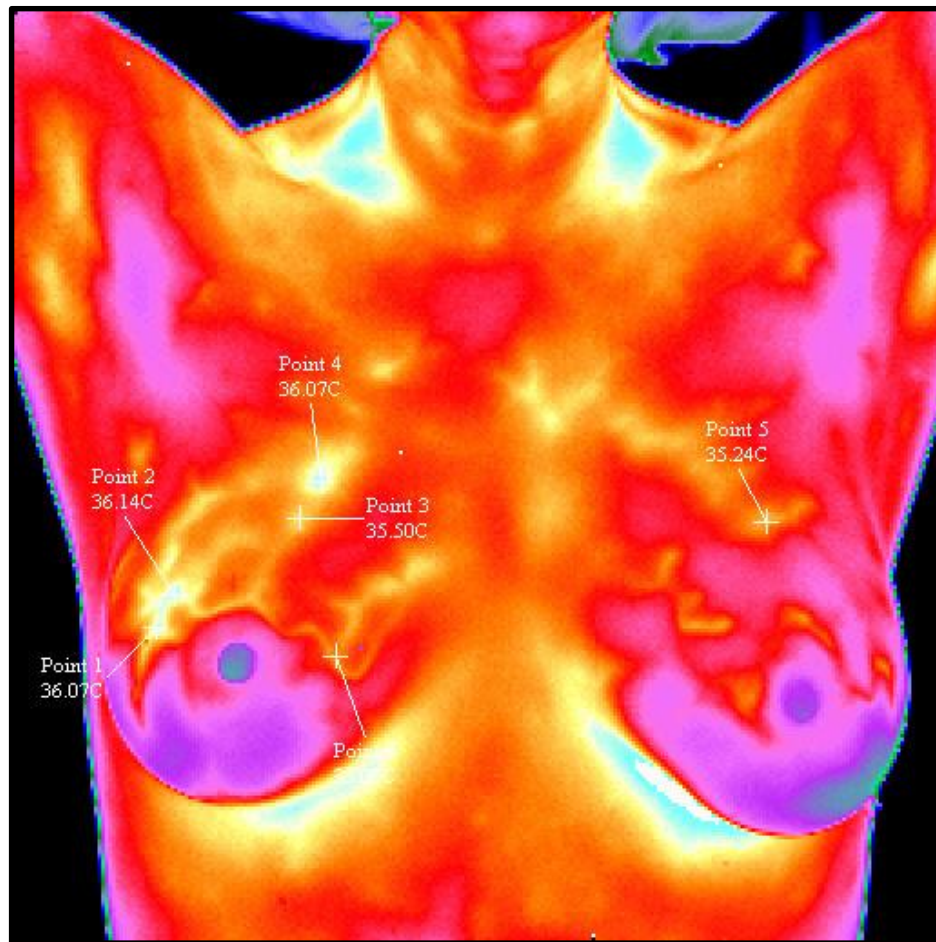
1300 κιτρινωπό λευκό

> 1400 λευκά (κιτρινωπό αν το δεις από απόσταση μέσω της ατμόσφαιρας)

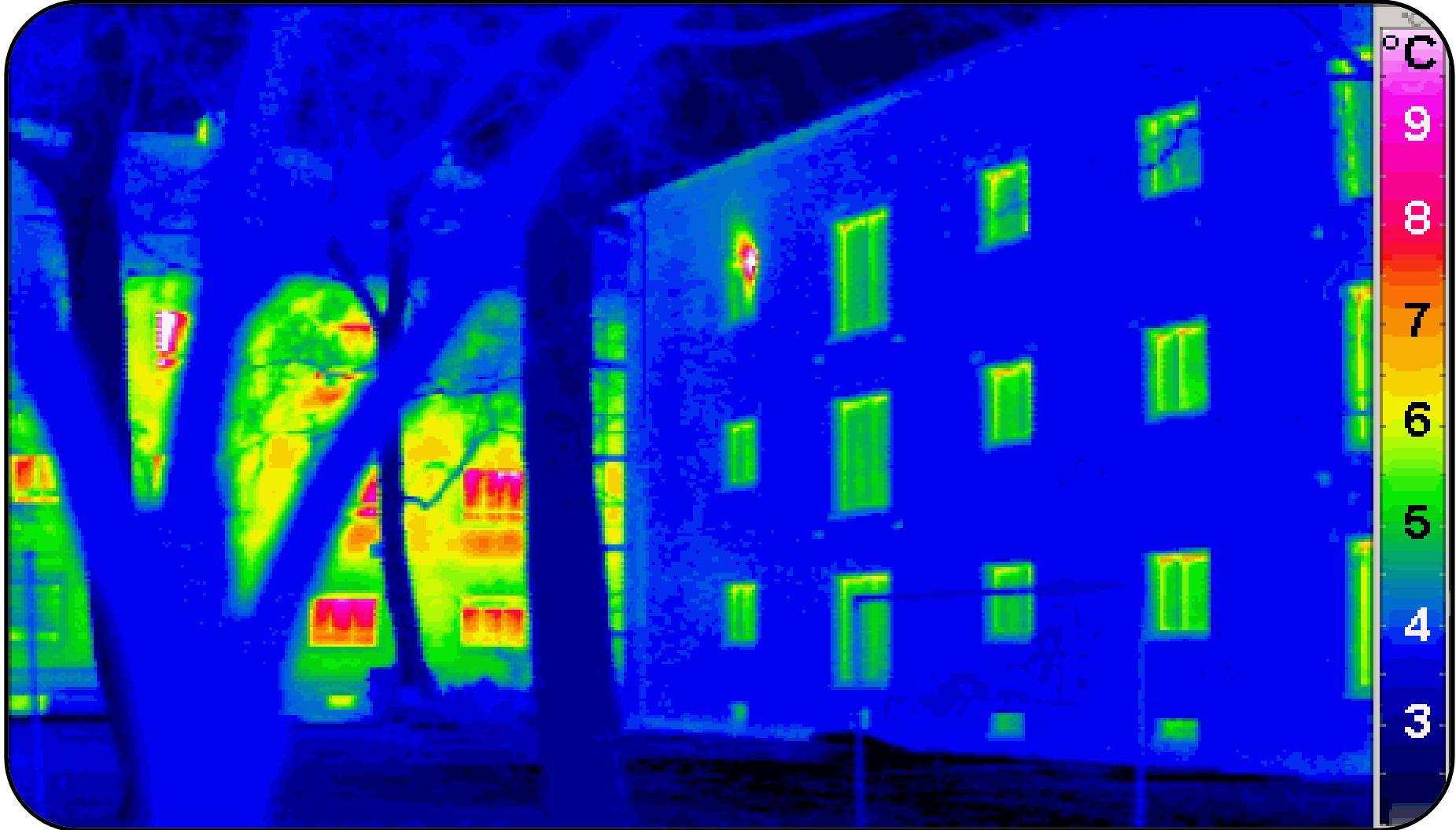


Θερμογραφία

- Οι περισσότερες κάμερες θερμικής απεικόνισης CMOS χρησιμοποιούν συστοιχία εστιακού επιπέδου (FPA). Οι πιο κοινοί τύποι είναι InSb, InGaAs, QWIP ΣΠΕΣ. Οι νεώτερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν χαμηλού κόστους και μη ψυχόμενα μικροβολόμετρα, αισθητήρες FPA.
- This is a high-resolution mid-range infrared image depicting cancer in the right breast by the high-energy blood vessels. Philip P. Hoekstra, III, Ph.D.
- This is a high-resolution mid-range infrared image depicting cancer in the right breast by the high-energy blood vessels.
- Philip P. Hoekstra, III, Ph.D.

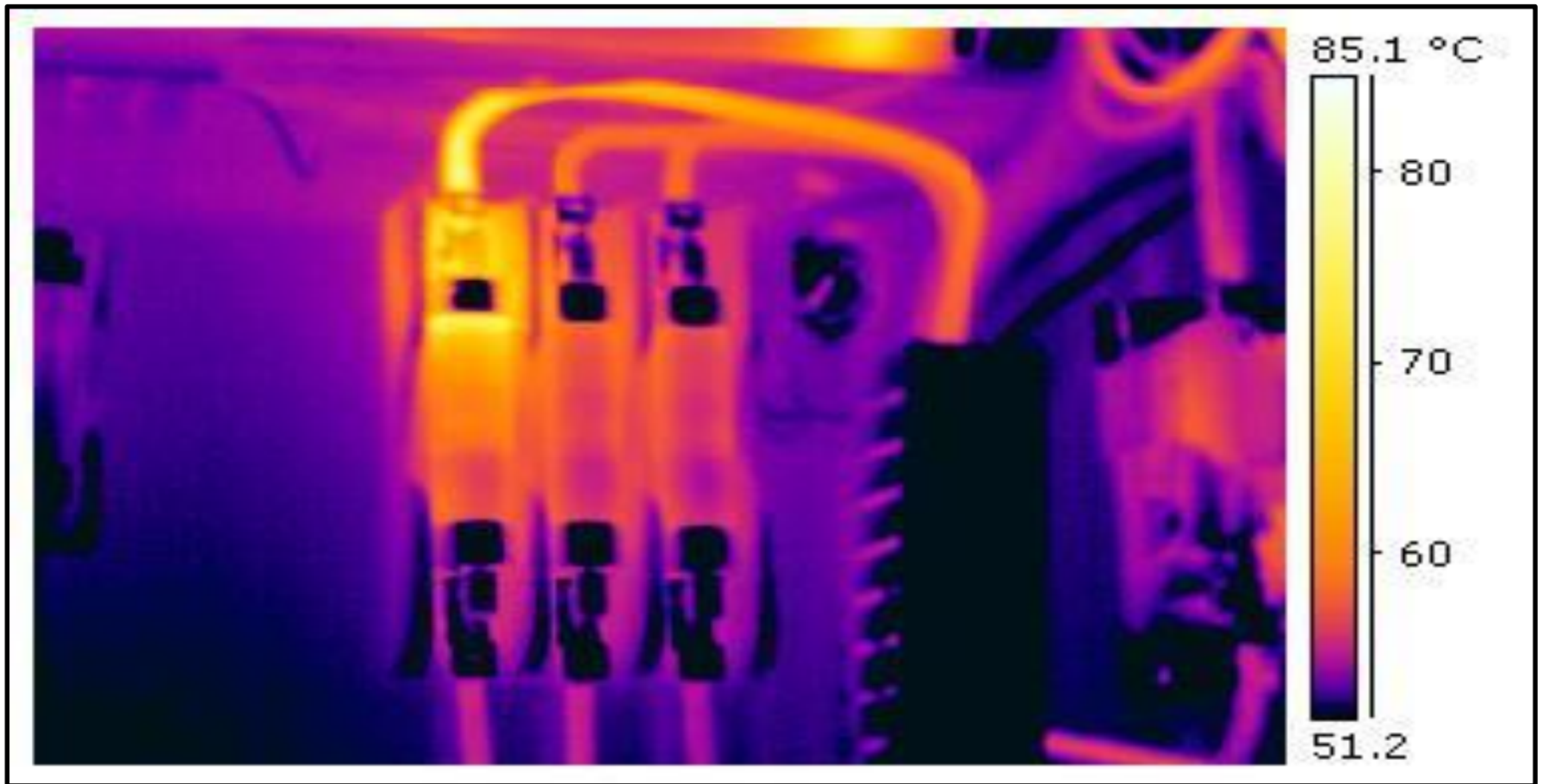


<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermography#/media/File:BreastCancerRightSample1.jpg>
Από το διδακτορικό του κ. Philip P. Hoekstra, III, Ph.D., Philiphoekstra



- Thermogram of a traditional building in the background and a "[passive house](#)" in the foreground
- Passivhaus Institut - Copied to Commons from <http://en.wikipedia.org>. Original source Passivhaus Institut, Germany





Θερμογραφία ηλεκτρικών ασφαλειών που δείχνουν μια ασφάλεια που έχει πρόβλημα υπερθέρμανσης και η οποία μπορεί να δημιουργήσει πυρκαγιά.

Φωτογραφία <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hotflashhome>

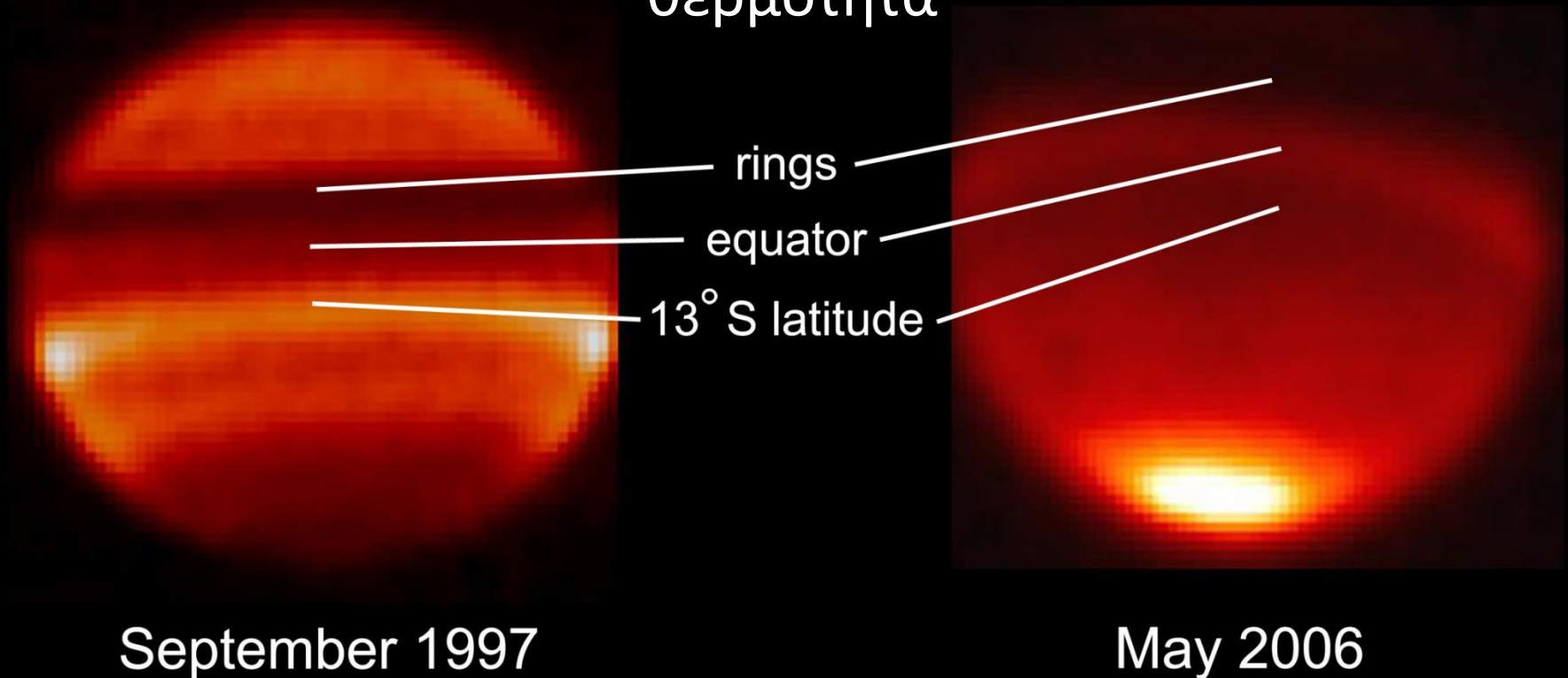


Ο Κρόνος στο υπέρυθρο (κέντρο και δεξιά) μας δείχνει
από πού βγαίνει θερμότητα



Thermal infrared images of Saturn from the Very Large Telescope Imager and Spectrometer for the mid-Infrared (VISIR) instrument on the European Southern Observatory's Very Large Telescope, on Cerro Paranal, Chile, appear at center and on the right. Image credit: Ευχαριστίες ESO/Univ. of Oxford και τον κ. T. Barry

Ο Κρόνος στο υπέρυθρο μας δείχνει από πού βγαίνει θερμότητα



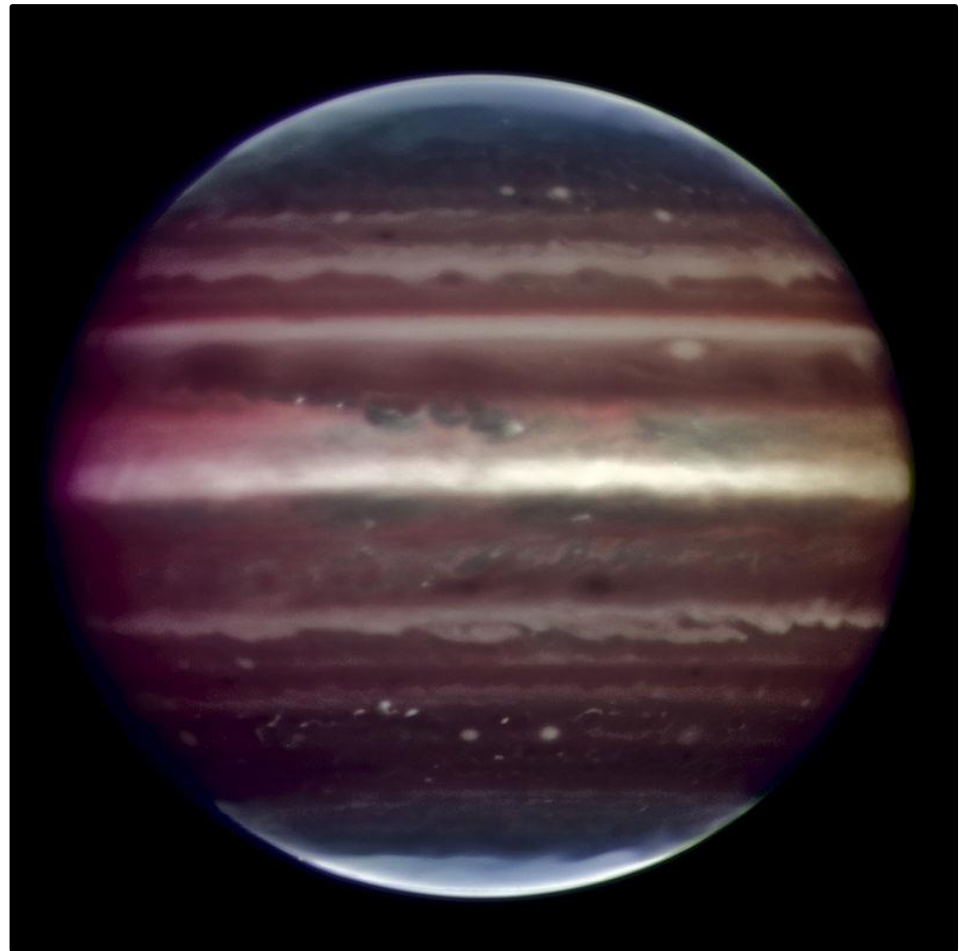
Scientists have discovered a wave pattern, or oscillation, in Saturn's atmosphere only visible from Earth every 15 years. The pattern ripples back and forth like a wave within Saturn's upper atmosphere. In this region, temperatures switch from one altitude to the next in a candy cane-like, striped, hot-cold pattern. The temperature "snapshot" shown in these two images captures two different phases of this wave oscillation: the temperature at Saturn's equator switches from hot to cold, and temperatures on either side of the equator switch from cold to hot every Saturn half-year. The image on the left was taken in 1997 and shows the temperature at the equator is colder than the temperature at 13 degrees south latitude. Conversely, the image on the right taken in 2006 shows the temperature at the equator is warmer.

These images were taken with NASA's Infrared Telescope Facility in Mauna Kea, Hawaii. **Credit:** NASA/JPL



Ο πλανήτης Δίας στο υπέρυθρο μας δείχνει από πού βγαίνει θερμότητα

ESO/F. Marchis, M. Wong, E. Marchetti, P. Amico, S. Tordo - <http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2008/images/phot-33-08-fullres.jpg> Originally uploaded 16:14, 19 November 2008 (UTC) by Lars Lindberg Christensen
Image of Jupiter taken in infrared light on the night of 17 August 2008 with the Multi-Conjugate Adaptive Optics Demonstrator (MAD) prototype instrument mounted on ESO's Very Large Telescope. This false color photo is the combination of a series of images taken over a time span of about 20 minutes, through three different filters (2, 2.14, and 2.16 microns). The image sharpening obtained is about 90 milli-arcseconds across the whole planetary disc, a real record on similar images taken from the ground. This corresponds to seeing details about 186 miles wide on the surface of the giant planet. The great red spot is not visible in this image as it was on the other side of the planet during the observations. The observations were done at infrared wavelengths where absorption due to hydrogen and methane is strong. This explains why the colors are different from how we usually see Jupiter in visible-light. This absorption means that light can be reflected back only from high-altitude hazes, and not from deeper clouds. These hazes lie in the very stable upper part of Jupiter's troposphere, where pressures are between 0.15 and 0.3 bar. Mixing is weak within this stable region, so tiny haze particles can survive for days to years, depending on their size and fall speed. Additionally, near the planet's poles, a higher stratospheric haze (light blue regions) is generated by interactions with particles trapped in Jupiter's intense magnetic field.

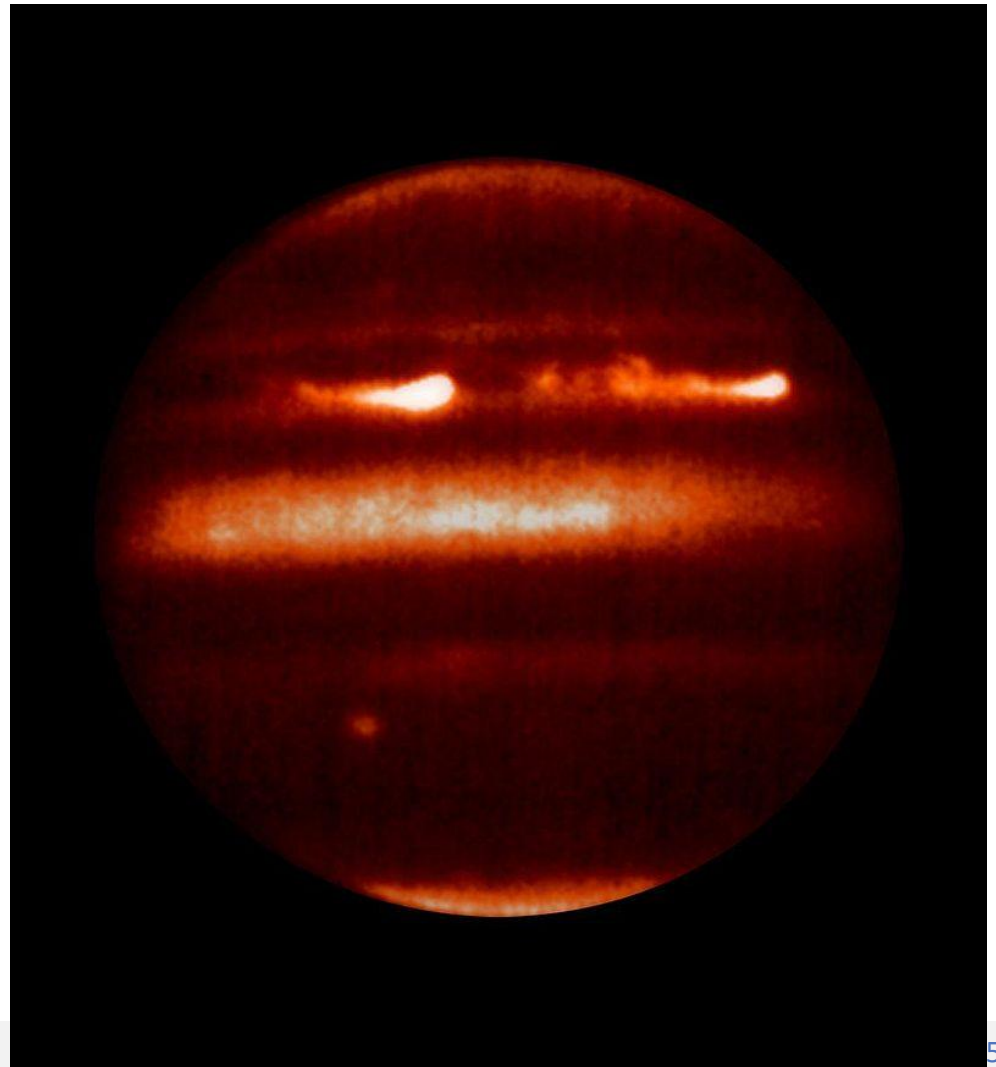


Ο πλανήτης Δίας στο υπέρυθρο μας δείχνει από πού βγαίνει θερμότητα

Θερμική εικόνα του Δία με το υπέρυθρο τηλεσκόπιο της NASA

Infrared Telescope Facility
in 2007
NASA/JPL/IRTF

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA10225>

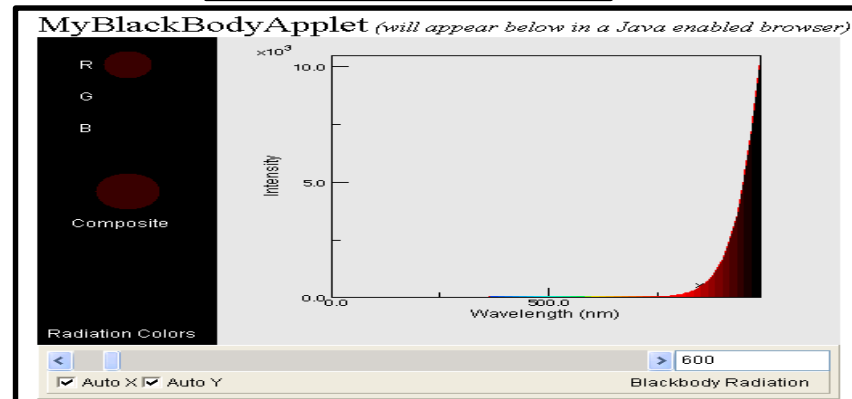


Μέλαν σώμα

Mike Lee & Wolfgang Christian.

Κοιτάξετε τις ιστοσελίδες

http://webphysics.davidson.edu/alumni/MiLee/java/bb_mjl2.htm



Physics Today 12 τεύχη είναι το καλύτερο περιοδικό

η συνδρομή αρχίζει από τον μήνα πληρωμής, ή τον επόμενο και λήγει τέλος έτους (δηλαδή θα χάσετε μερικά τεύχη, αλλά θα έχετε πρόσβαση ηλεκτρονικά

- Για να παίρνεις το περιοδικό/ά πρέπει να γραφτείς μέλος
- στην American Geophysical Union.
- Σε έντυπη μορφή η αίτηση είναι:
- www.agu.org/
- <https://membership.agu.org/join-renew/>
- Θα πρέπει να σε βοηθήσει ένας φίλος σου που έχει κάποια πιστωτική κάρτα για να πληρώσεις τα \$20 κάθε έτος
- Θα χρειαστεί να πεις ότι είσαι φοιτητής, τότε περιμένεις να τελειώσεις και να δώσεις το όνομα μου και το μαιιλ μου για να βεβαιώσω ότι είσαι φοιτητής.
- Xenophon Moussas xmoussas@phys.uoa.gr, University of Athens



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Ξενοφών Δ. Μουσάς 2015. «Εισαγωγή στην Αστροφυσική. Φυσική των Αστέρων». Έκδοση :1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση : <http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS1/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

