



Αστρονομία

Ενότητα # 5: Φάσματα Αστέρων

Νικόλαος Στεργιούλας
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.

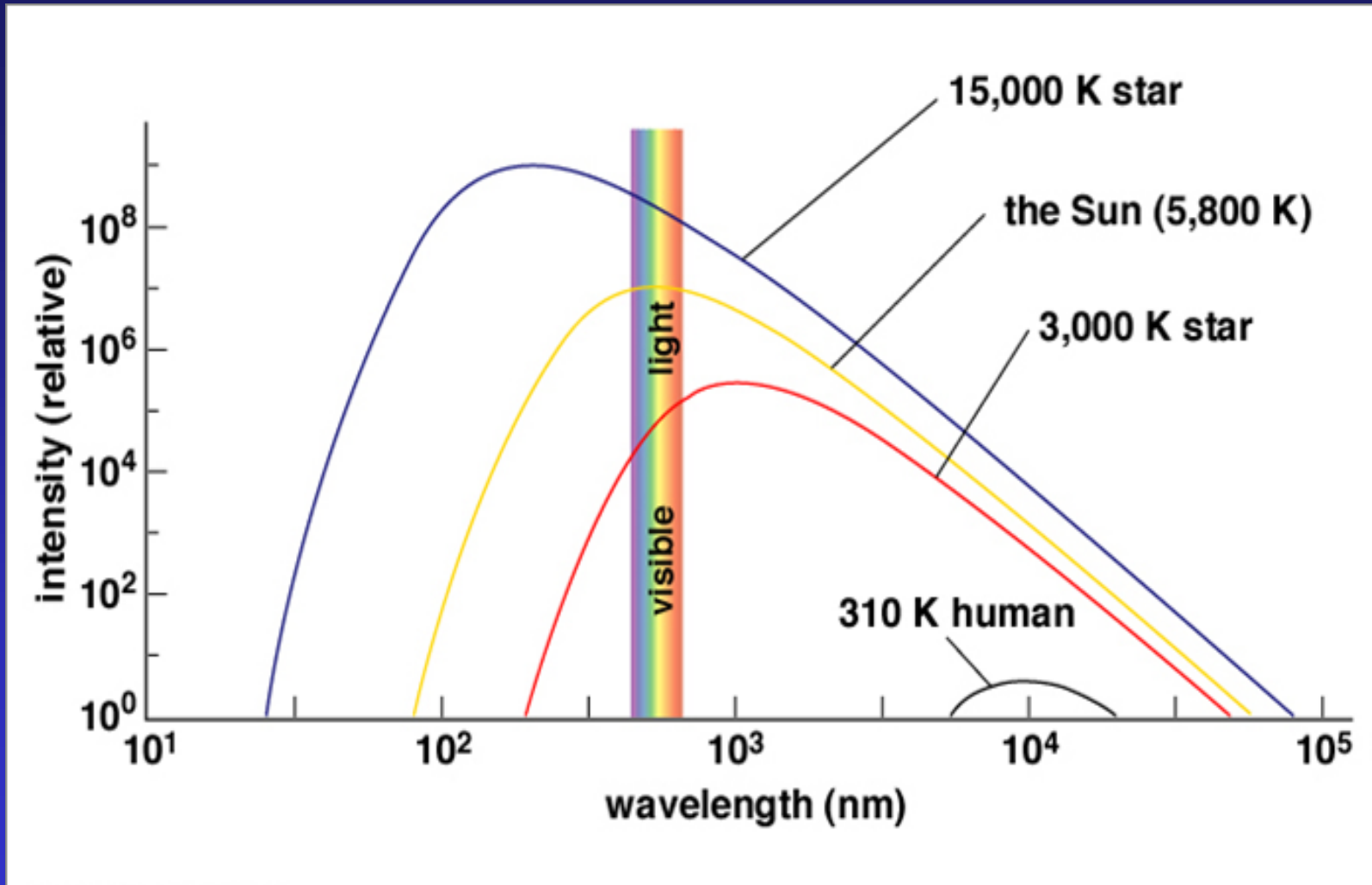


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

- *Κεφάλαιο 4^ο (1^ο μέρος)*

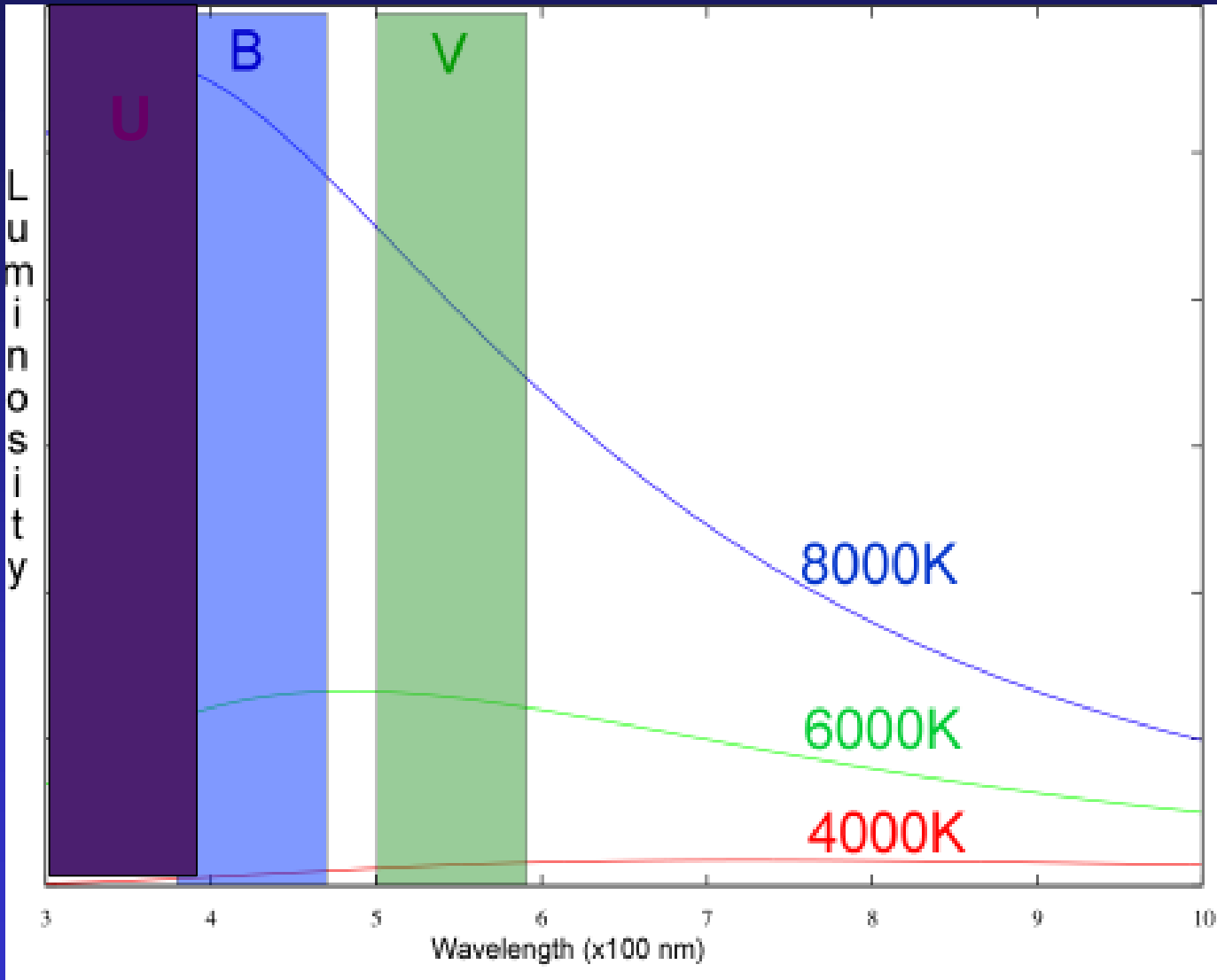
Ν. Στεργιούλας

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ



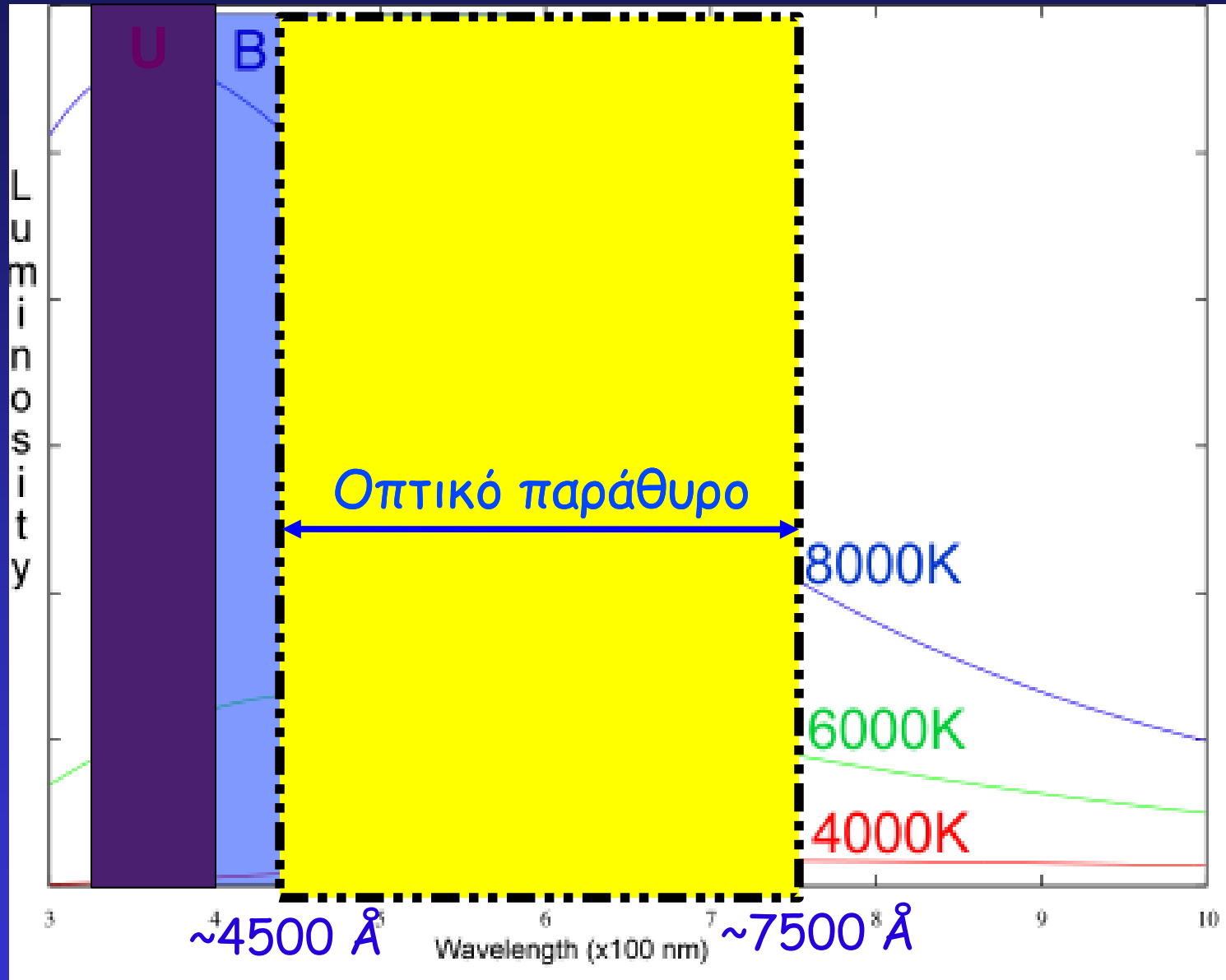
Εικόνα 1: Ακτινοβολία μέλανος σώματος για διάφορες θερμοκρασίες [1].

ΦΙΛΤΡΑ U, B, V



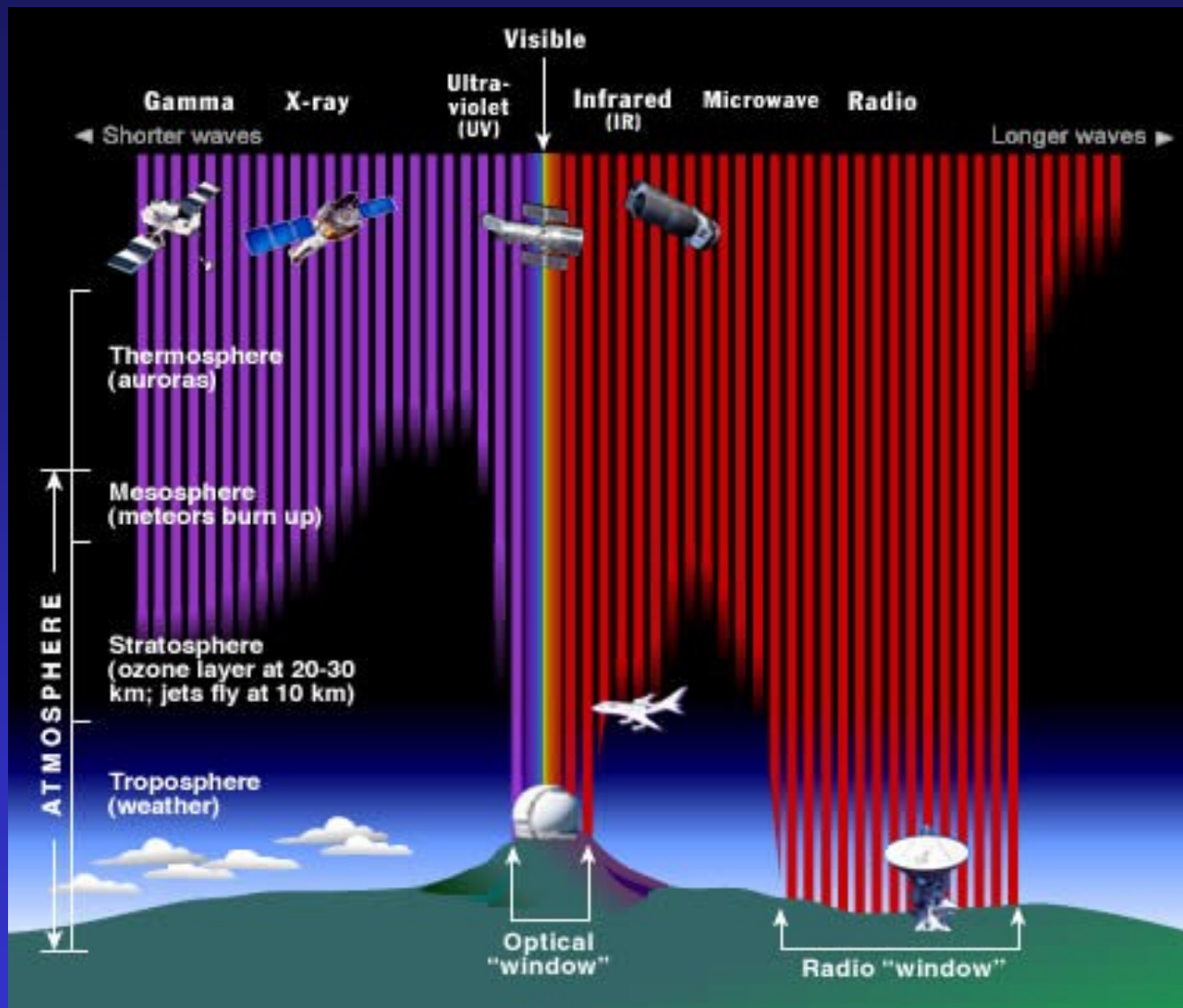
Εικόνα 2: Φίλτρα U (Ultraviolet), B (Blue), V (Visual).

ΟΠΤΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ



Εικόνα 3: Η περιοχή του ορατού φάσματος του φωτός.

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ



Εικόνα 4: Η απορρόφηση του φωτός από την ατμόσφαιρα, για διαφορετικά μήκη κύματος [4].

ΕΠΙΓΕΙΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Οπτικό: GTC (Κανάριες Νήσοι, Ισπανία) διάμετρος: 10.4m



Εικόνα 5: Το τηλεσκόπιο GTC (Gran Telescopio Canarias), ένα κατοπτρικό τηλεσκόπιο διαμέτρου 10.4 μέτρων [5].

ΕΠΙΓΕΙΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Ραδιοτηλεσκόπιο: Arecibo (Puerto Rico) διάμετρος: 305m



Εικόνα 6: Το ραδιοτηλεσκόπιο στο Arecibo (Puerto Rico) με διάμετρο 305 μέτρα [6].

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Οπτικό: Hubble

διάμετρος: 2.4m



Εικόνα 7: Το διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble [7].

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Ακτίνες Χ

διάμετρος: 1.2m



(α)



(β)

Εικόνα 8: Τα διαστημικά τηλεσκόπια Chandra (α) και XMM-Newton (β) [8].

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Ακτίνες γ :
Fermi

διαστάσεις:
 $1.7 \times 1.7 \times 1 \text{m}$



Εικόνα 9: Το διαστημικό τηλεσκόπιο Fermi [9].

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

Υπέρυθρο: Spitzer

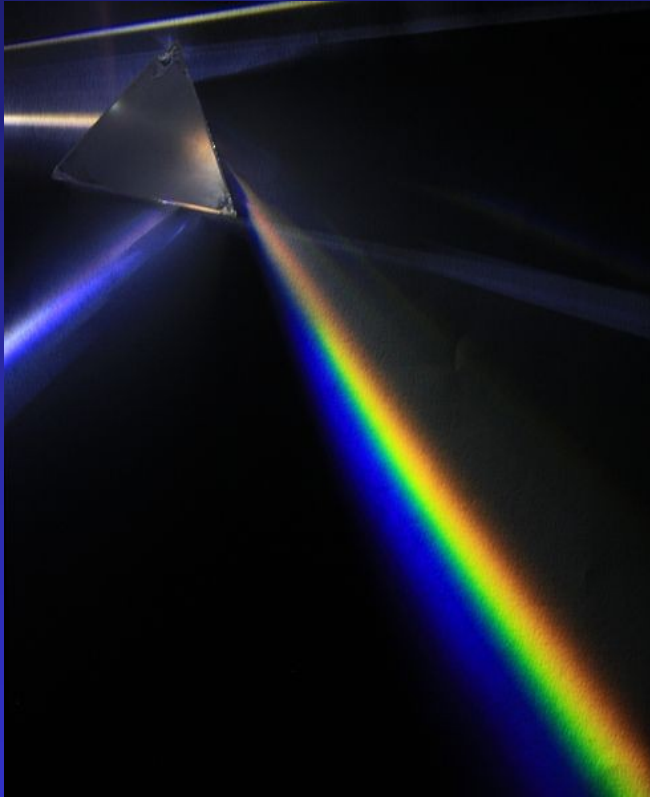
διάμετρος: 0.85m



Εικόνα 10: Το διαστημικό τηλεσκόπιο Spitzer [10].

ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

πρίσμα

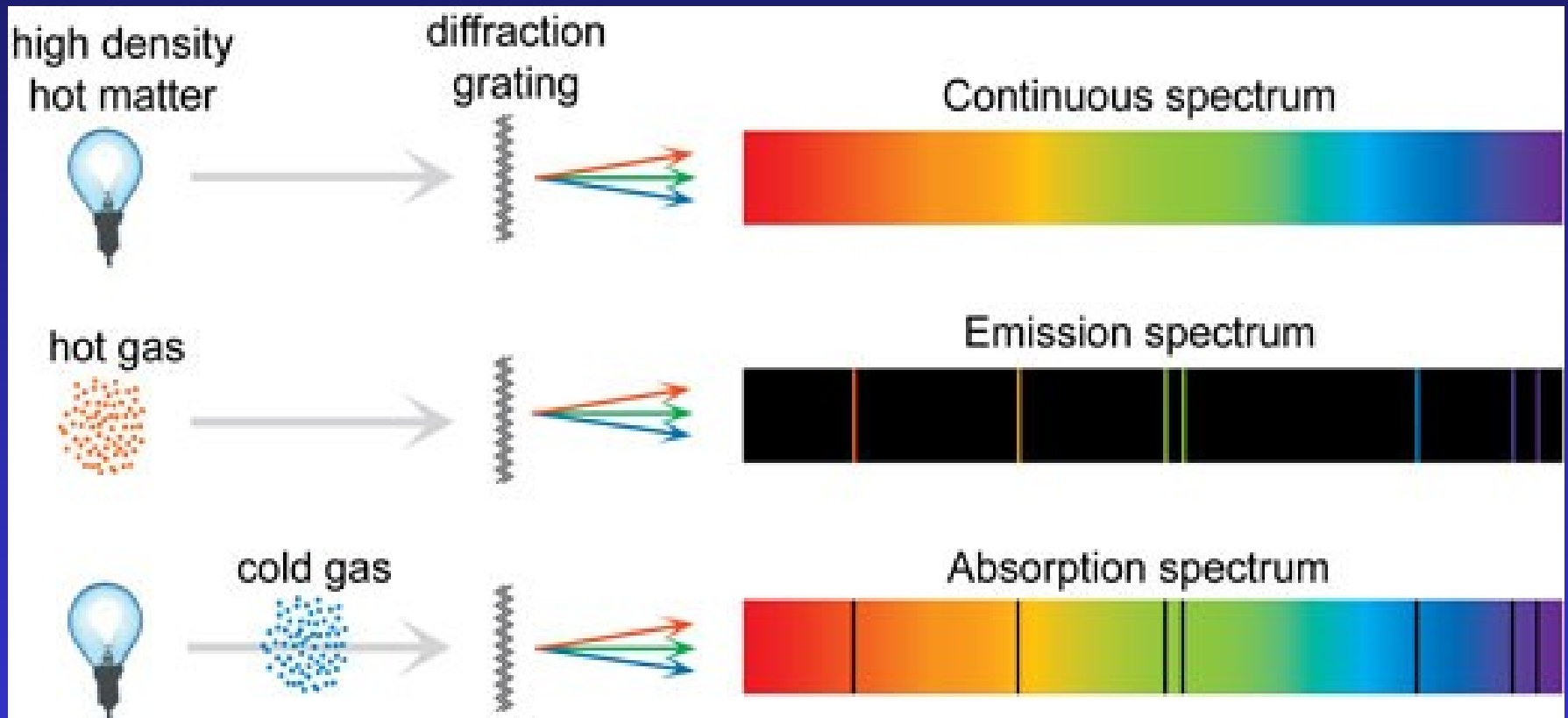


φράγμα περίθλασης



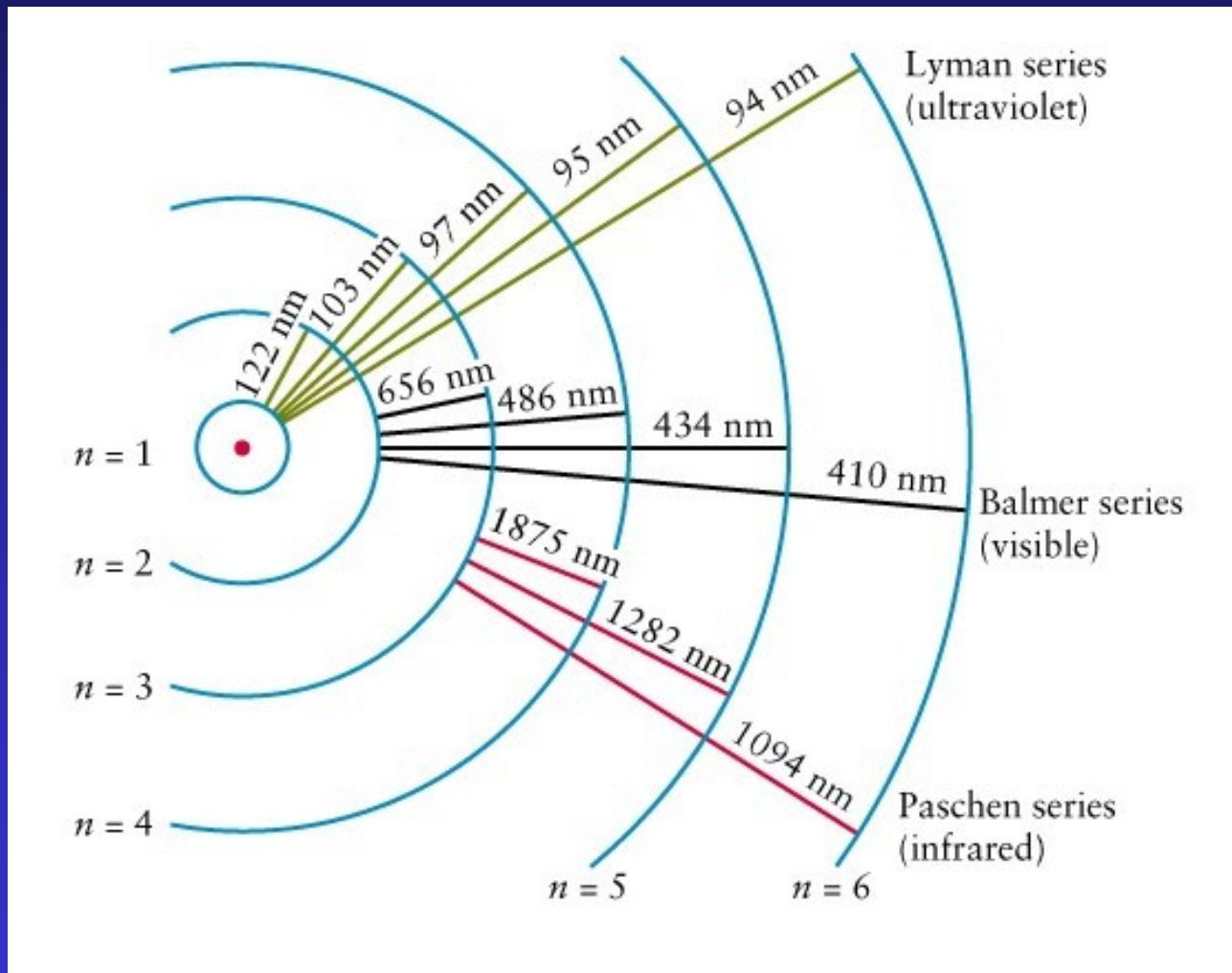
Εικόνα 11: Ανάλυση του φωτός με διάθλαση μέσω πρίσματος (α) και με περίθλαση μέσω φράγματος περίθλασης (β) [11].

ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Εικόνα 12: Συνεχές φάσμα, φάσμα εκπομπής και φάσμα απορρόφησης [12].

ΜΕΤΑΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΑΤΟΜΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΕΙΡΕΣ LYMAN, BALMER, PASCHEN



Εικόνα 13: Οι σειρές Lyman, Balmer, Paschen στο άτομο του Υδρογόνου [13].

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Παράδειγμα: ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Ενέργεια του μοναδικού ηλεκτρονίου του ατόμου Η

$$E = -\frac{1}{n^2} \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2}$$

όπου $n=1,2,3,\dots$ (κύριος κβαντικός αριθμός)

Για μεταπήδηση ηλεκτρονίου από στάθμη n_1 σε στάθμη n_2

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -\frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

Αν $n_1 < n_2 \Rightarrow \Delta E > 0$ (απορρόφηση φωτονίου)

Αν $n_1 > n_2 \Rightarrow \Delta E < 0$ (εκπομπή φωτονίου)

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Συχνότητα

$$\nu = \frac{|\Delta E|}{h} = -\frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^3} \left| \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$$

μήκος κύματος

$$\frac{1}{\lambda} = R \left| \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$$

όπου

$$R = 2\pi^2 m_e e^4 / (h^3 c)$$

είναι η σταθερά του Rydberg.

ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Σειρές εκπομπής:

Για $n_2=1$ και $n_1>n_2$

Σειρά Lyman ($L_\alpha, L_\beta, L_\gamma, \dots$)

$n_2=2$ και $n_1>n_2$

Σειρά Balmer ($H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, \dots$)

$n_2=3$ και $n_1>n_2$

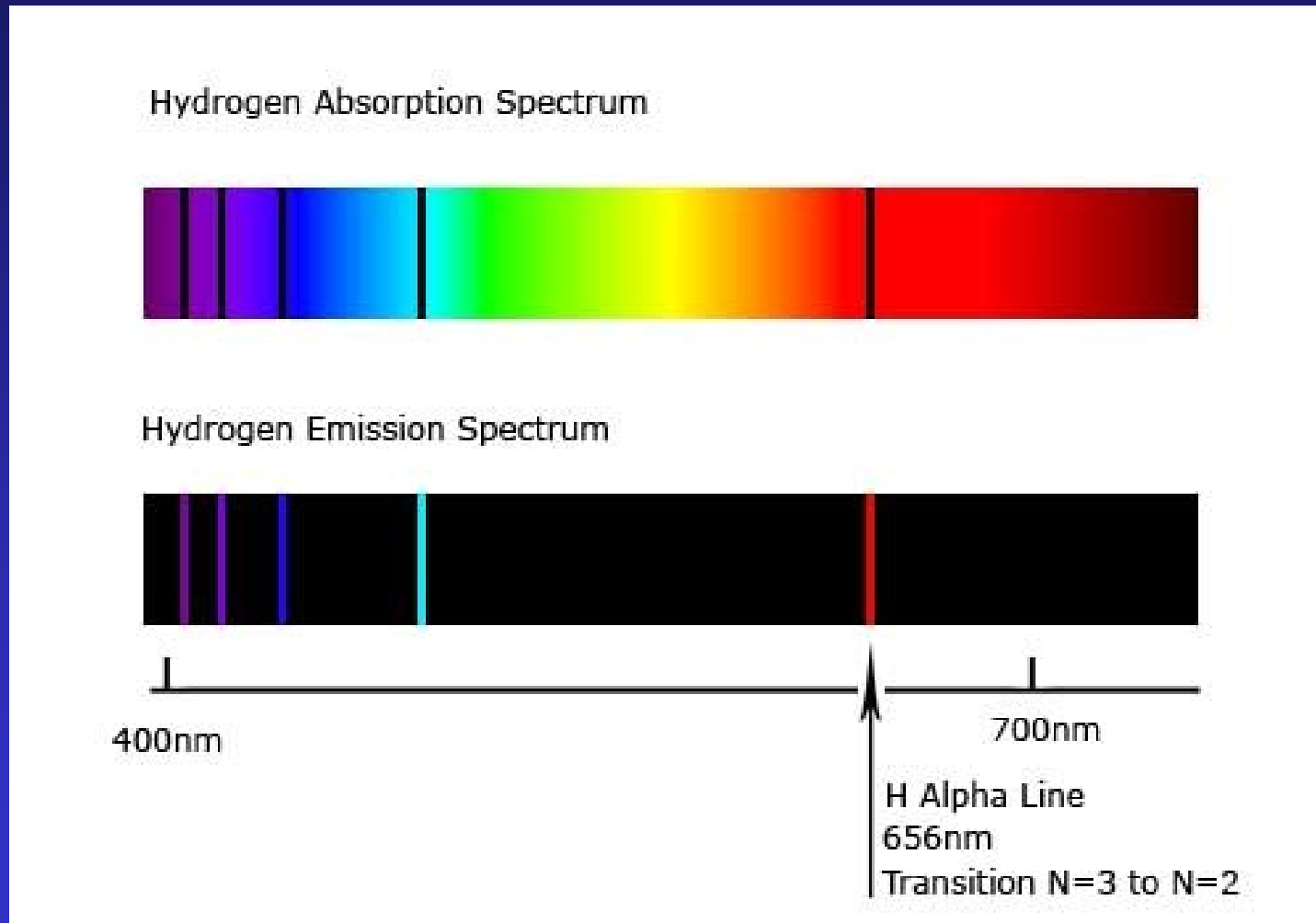
Σειρά Paschen ($P_\alpha, P_\beta, P_\gamma, \dots$)

Κ.Ο.Κ.

(με εναλλαγή των n_1, n_2 παίρνουμε σειρές απορρόφησης)

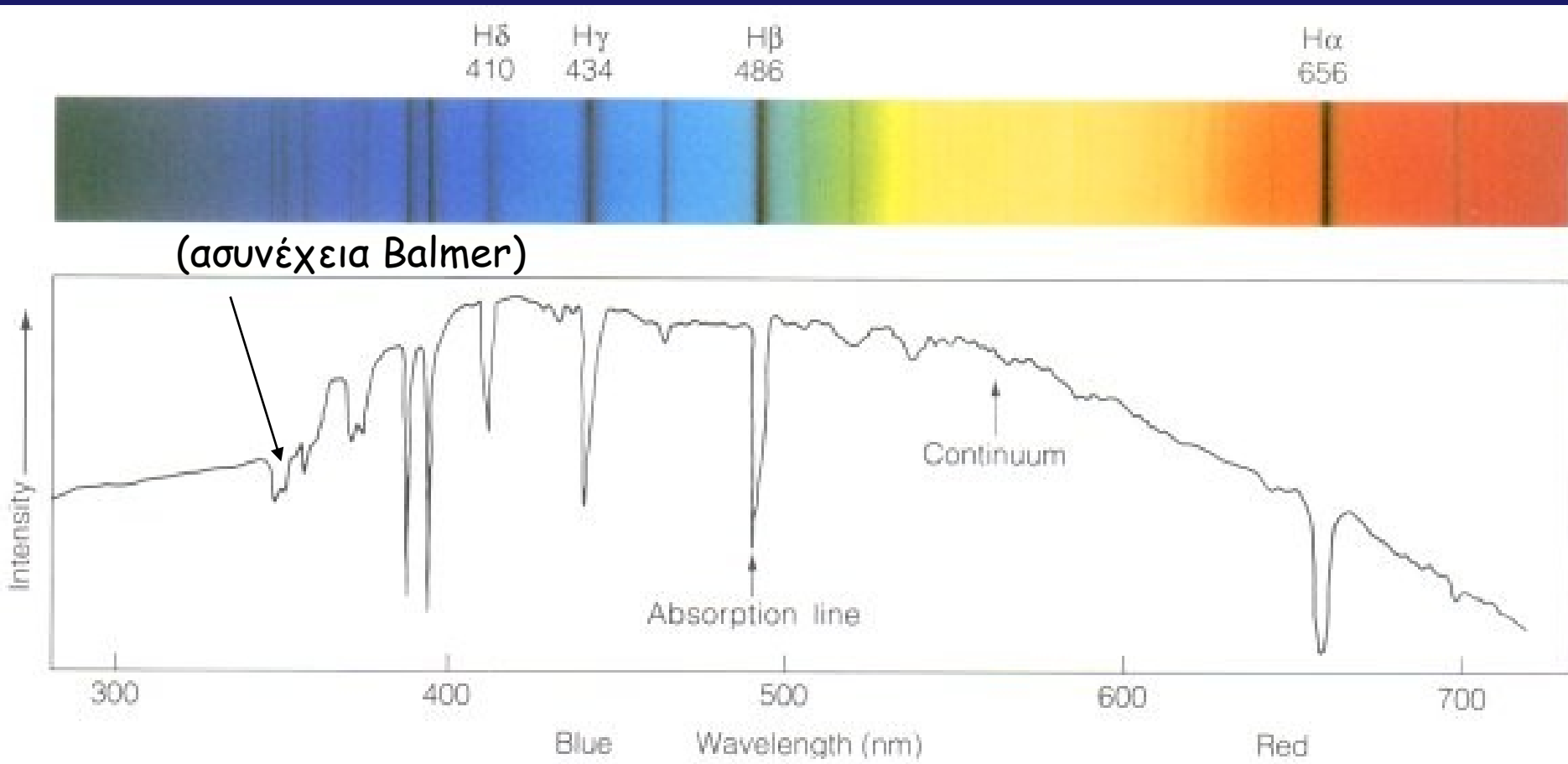
ΓΡΑΜΜΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΒΑΛΜΕΡ ΤΟΥ Η

Μόνο η σειρά Balmer του Η βρίσκεται στο οπτικό.



Εικόνα 14: Οι γραμμές απορρόφησης και εκπομπής του υδρογόνου στο οπτικό φάσμα (σειρά Balmer) [14].

ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ



Εικόνα 15: Η ασυνέχεια Balmer στην ένταση του φωτός.

ΑΣΥΝΕΧΕΙΑ BALMER

Το ύψος της ασυνέχειας Balmer εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αστέρα και χρησιμεύει για τον υπολογισμό της.

Η κυματοειδής μορφή του διαγράμματος δυο χρωμάτων (B-V - U-B) οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ασυνέχεια Balmer.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΖΕΕΜΑΝ

Αν τα άτομα που δημιουργούν τις φασματικές βρίσκονται σε μαγνητικό πεδίο, τότε κάθε γραμμή συχνότητας ν_0 διασπάται σε περισσότερες πολωμένες συνιστώσες (στην απλούστερη περίπτωση τρεις):

$$\nu_0 - \Delta\nu, \nu_0, \nu_0 + \Delta\nu$$

όπου

$$\Delta\nu = \frac{eB}{4\pi mc} = 1.4 \times 10^6 B \quad [\text{Hz}]$$

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. Black body curves for various temperatures

UCLA, Berkeley - Bryan Mendez, Astronomy 10 Lecture Notes

<http://cse.ssl.berkeley.edu/bmendez/ay10/2002/notes/lec8.html>

4. [...] This illustration shows how far into the atmosphere different parts of the EM spectrum can go before being absorbed [...]

Credit: STScI/JHU/NASA

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l1/emspectrum.html

5. The Gran Telescopio at Roque de los Muchachos Observatory, La Palma, Canary Islands

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Grantelescopio.jpg>

6. The Arecibo Radio Telescope, at Arecibo, Puerto Rico.

Public Domain

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Arecibo_Observatory_Aerial_View.jpg

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

7. The Hubble Space Telescope (HST) begins its separation from Space Shuttle Discovery following its release on mission STS-82

Public Domain

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hubble_01.jpg

8. (α) Chandra X-ray Observatory (NASA)

http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Chandra_X-ray_Observatory.html

(β) XMM-NEWTON (Courtesy: ESA (D. Ducros))

<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/Images/xmm/>

9. Fermi Gamma - ray Space Telescope

NASA

<http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

10. Observatory Boldly Goes Where the Human Eye Cannot

Credit: NASA

<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=575>

11. (a) Light dispersion of a mercury-vapor lamp with a flint glass prism

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Austria license

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_dispersion_of_a_mercury-vapor_lamp_with_a_flint_glass_prism_IPNr%C2%B00125.jpg

(β) Diffraction grating (Public Domain)

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diffraction_grating.jpg

12. The three types of spectra and their origin

Image courtesy of Mark Tiele Westra

<http://www.scienceinschool.org/print/217>

13. Electron shell transitions of Hydrogen.

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrogen_transitions.svg

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

14. Balmer series lines

Credit: Astronomy Know How

<http://www.astronomyknowhow.com/hydrogen-alpha.htm>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Νικόλαος Τρυφωνίδης
Θεσσαλονίκη, 31 Μαρτίου 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

