

Einführung in die Astronomie II

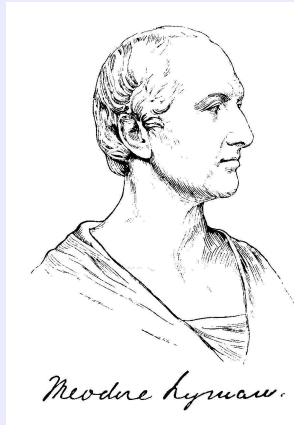
Übungsbeispiel 3

Julia Heuritsch
Michael Kenn

Institut für Astronomie

15. März 2010

Theodore Lyman



1874 - 1954

Inhalt

Aufgabenstellungen

- Ionisation vom Balmer-Niveau ausgehend
- Umrechnungstabelle zwischen Energieeinheiten
- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft $L_{L\gamma}$

Inhalt

Aufgabenstellungen

- Ionisation vom Balmer-Niveau ausgehend
- Umrechnungstabelle zwischen Energieeinheiten
- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Inhalt

Aufgabenstellungen

- Ionisation vom Balmer-Niveau ausgehend
- Umrechnungstabelle zwischen Energieeinheiten
- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Inhalt

Aufgabenstellungen

- Ionisation vom Balmer-Niveau ausgehend
- Umrechnungstabelle zwischen Energieeinheiten
- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Energie eines Photons

Für die Energie E , die Frequenz ν und der Wellenlänge λ eines Photons gilt:

Energie eines Photons

$$E = h \cdot \nu$$
$$\nu \lambda = c$$

Dabei bezeichnen

Konstanten

$$h = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \quad \dots \text{ Planck'sches Wirkungsquantum}$$
$$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \dots \text{ Lichtgeschwindigkeit}$$

Energie eines Photons

Für die Energie E , die Frequenz ν und der Wellenlänge λ eines Photons gilt:

Energie eines Photons

$$E = h \cdot \nu$$
$$\nu \lambda = c$$

Dabei bezeichnen

Konstanten

$$h = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \quad \dots \text{ Planck'sches Wirkungsquantum}$$
$$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \dots \text{ Lichtgeschwindigkeit}$$

Energie \leftrightarrow Wellenlänge

Daraus ergeben sich folgende Beziehung zwischen Energie E und Wellenlänge λ :

Zusammenhang Energie \leftrightarrow Wellenlänge

$$E(\lambda) = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\lambda(E) = \frac{h \cdot c}{E}$$

Energie \leftrightarrow Wellenlänge

Daraus ergeben sich folgende Beziehung zwischen Energie E und Wellenlänge λ :

Zusammenhang Energie \leftrightarrow Wellenlänge

$$E(\lambda) = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$
$$\lambda(E) = \frac{h \cdot c}{E}$$

Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

Die gesuchte Energie um ein Elektron aus dem Balmer-Niveau ($n = 2$) zu ionisieren ist demnach

Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} E(n = 2 \rightarrow \infty) &= E(n = 1 \rightarrow \infty) - E(n = 1 \rightarrow 2) = \\ &= E(912 \text{ \AA}) - E(1216 \text{ \AA}) = \\ &= 13.6 \text{ eV} - 10.2 \text{ eV} = \\ &= 3.4 \text{ eV} \end{aligned}$$

Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

Die gesuchte Energie um ein Elektron aus dem Balmer-Niveau ($n = 2$) zu ionisieren ist demnach

Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} E(n = 2 \rightarrow \infty) &= E(n = 1 \rightarrow \infty) - E(n = 1 \rightarrow 2) = \\ &= E(912 \text{ \AA}) - E(1216 \text{ \AA}) = \\ &= 13.6 \text{ eV} - 10.2 \text{ eV} = \\ &= 3.4 \text{ eV} \end{aligned}$$

Wellenlänge der Ionisation

Die Wellenlänge erhält man durch Einsetzen:

Wellenlänge der Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned}\lambda(3.4\text{eV}) &= \frac{h \cdot c}{3.4\text{eV}} = \\ &= 3648 \text{ \AA}\end{aligned}$$

Wellenlänge der Ionisation

Die Wellenlänge erhält man durch Einsetzen:

Wellenlänge der Ionisation $n = 2 \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned}\lambda(3.4 \text{ eV}) &= \frac{h \cdot c}{3.4 \text{ eV}} = \\ &= 3648 \text{ \AA}\end{aligned}$$

Umrechnungstabelle eV ↔ erg ↔ Joule

	eV	erg	Joule
eV	1	$1.602 \cdot 10^{-12}$	$1.602 \cdot 10^{-19}$
erg	$6.242 \cdot 10^{11}$	1	$1.000 \cdot 10^{-7}$
Joule	$6.242 \cdot 10^{18}$	$1.000 \cdot 10^7$	1

Fragestellung

Für einen gegebenen Stern sind folgende Werte zu bestimmen:

Lyman-Kontinuums Größen

- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} in erg/s
- Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in #Photonen/s
- Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly} in erg

Fragestellung

Für einen gegebenen Stern sind folgende Werte zu bestimmen:

Lyman-Kontinuums Größen

- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} in erg/s
- Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in #Photonen/s
- Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly} in erg

Fragestellung

Für einen gegebenen Stern sind folgende Werte zu bestimmen:

Lyman-Kontinuums Größen

- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} in erg/s
- Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in #Photonen/s
- Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly} in erg

Fragestellung

Für einen gegebenen Stern sind folgende Werte zu bestimmen:

Lyman-Kontinuums Größen

- Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} in erg/s
- Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in #Photonen/s
- Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly} in erg

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000$ K
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6$ yrs
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000 \text{ K}$
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6 \text{ yrs}$
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000 \text{ K}$
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6 \text{ yrs}$
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000$ K
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6$ yrs
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000$ K
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6$ yrs
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Angaben zum Stern

Gegeben ist ein sehr heißer Stern:

Eigenschaften des zu behandelnden Sterns

- Effektive Oberflächentemperatur $T_{eff} = 42000 \text{ K}$
- $\log_{10}(\text{Lyman-Kontinuums-Photonenfluss } N_{Ly}) = 49.08$
- Lebensdauer des Sterns $\approx 4 \cdot 10^6 \text{ yrs}$
- mittlere Energie \bar{E} eines Photons = 20 eV
- Lyman-Kontinuums-Strahlung konstant über Lebensdauer des Sterns

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Die Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} errechnet sich

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft

$$\begin{aligned}L_{Ly} &= N_{Ly} \cdot \bar{E} = \\&= 10^{49.08} \text{ s}^{-1} \cdot 20 \text{ eV} \cdot 1.602 \cdot 10^{-12} \frac{\text{erg}}{\text{eV}} = \\&= 3.9 \cdot 10^{38} \text{ erg/s}\end{aligned}$$

Zum Vergleich dazu ist die Gesamtleuchtkraft der Sonne
 $L_{\odot} = 3.9 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}$.

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Die Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} errechnet sich

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft

$$\begin{aligned}L_{Ly} &= N_{Ly} \cdot \bar{E} = \\&= 10^{49.08} \text{ s}^{-1} \cdot 20 \text{ eV} \cdot 1.602 \cdot 10^{-12} \frac{\text{erg}}{\text{eV}} = \\&= 3.9 \cdot 10^{38} \text{ erg/s}\end{aligned}$$

Zum Vergleich dazu ist die Gesamtleuchtkraft der Sonne
 $L_{\odot} = 3.9 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}$.

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly}

Die Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft L_{Ly} errechnet sich

Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft

$$\begin{aligned}L_{Ly} &= N_{Ly} \cdot \bar{E} = \\&= 10^{49.08} \text{ s}^{-1} \cdot 20 \text{ eV} \cdot 1.602 \cdot 10^{-12} \frac{\text{erg}}{\text{eV}} = \\&= 3.9 \cdot 10^{38} \text{ erg/s}\end{aligned}$$

Zum Vergleich dazu ist die Gesamtleuchtkraft der Sonne
 $L_{\odot} = 3.9 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}$.

Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly}

Der Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in Photonen pro Sekunde ist aus der Vorlesung bekannt

Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly}

$$\begin{aligned} N_{Ly} &= 10^{49.08} \text{ Photonen/s} = \\ &= 1.20 \cdot 10^{49} \text{ Photonen/s} \end{aligned}$$

Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly}

Der Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly} in Photonen pro Sekunde ist aus der Vorlesung bekannt

Lyman-Kontinuums-Photonenfluss N_{Ly}

$$\begin{aligned} N_{Ly} &= 10^{49.08} \text{ Photonen/s} = \\ &= 1.20 \cdot 10^{49} \text{ Photonen/s} \end{aligned}$$

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

Die Lebensdauer T des Sterns ist mit etwa $4 \cdot 10^6$ Jahren gegeben. Unter der Annahme einer zeitlich konstanten Strahlung über die Lebensdauer des Sterns ergibt sich

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

$$T = 4 \cdot 10^6 \cdot 3.156 \cdot 10^7 \text{ s} = 1.3 \cdot 10^{14} \text{ s}$$
$$E_{Ly} = L_{Ly} \cdot T = 4.9 \cdot 10^{52} \text{ erg}$$

Zum Vergleich dazu gibt die Sonne im Laufe ihrer 10 Milliarden Jahre in Summe etwa $1.2 \cdot 10^{51}$ erg Gesamtstrahlung ab.

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

Die Lebensdauer T des Sterns ist mit etwa $4 \cdot 10^6$ Jahren gegeben. Unter der Annahme einer zeitlich konstanten Strahlung über die Lebensdauer des Sterns ergibt sich

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

$$\begin{aligned} T &= 4 \cdot 10^6 \cdot 3.156 \cdot 10^7 \text{ s} = 1.3 \cdot 10^{14} \text{ s} \\ E_{Ly} &= L_{Ly} \cdot T = 4.9 \cdot 10^{52} \text{ erg} \end{aligned}$$

Zum Vergleich dazu gibt die Sonne im Laufe ihrer 10 Milliarden Jahre in Summe etwa $1.2 \cdot 10^{51}$ erg Gesamtstrahlung ab.

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

Die Lebensdauer T des Sterns ist mit etwa $4 \cdot 10^6$ Jahren gegeben. Unter der Annahme einer zeitlich konstanten Strahlung über die Lebensdauer des Sterns ergibt sich

Lyman-Kontinuums-Strahlung E_{Ly}

$$T = 4 \cdot 10^6 \cdot 3.156 \cdot 10^7 \text{ s} = 1.3 \cdot 10^{14} \text{ s}$$
$$E_{Ly} = L_{Ly} \cdot T = 4.9 \cdot 10^{52} \text{ erg}$$

Zum Vergleich dazu gibt die Sonne im Laufe ihrer 10 Milliarden Jahre in Summe etwa $1.2 \cdot 10^{51}$ erg Gesamtstrahlung ab.

Epilog

In Anlehnung an Prof. Lesch noch ein Schlußwort:

Zitat (Einstein)

Der gesunde Menschenverstand ist die Summe der Vorurteile, die man sich bis zum 18.Lebensjahr angeeignet hat.

Epilog

In Anlehnung an Prof. Lesch noch ein Schlußwort:

Zitat (Einstein)

Der gesunde Menschenverstand ist die Summe der Vorurteile, die man sich bis zum 18.Lebensjahr angeeignet hat.