

# Einführung in die Astronomie II - Übungsblatt 1

March 11, 2015

## Aufgabe 1: Energien (3P)

- Welche Energie (in eV) wird benötigt, um ein Elektron aus dem Balmer-Niveau zu ionisieren ( $n = 2 \rightarrow \infty$ )?  
Beachte: Die Lyman-Kante ( $n = 1 \rightarrow \infty$ ) liegt bei  $912 \text{ \AA} = 13.6 \text{ eV}$ ,  $\text{Ly}\alpha$  ( $n = 2 \rightarrow 1$ ) bei  $1216 \text{ \AA}$ .
- Bei welcher Wellenlänge liegt die Balmer Kante ( $n = 2 \rightarrow \infty$ )?
- Geben Sie die Umrechnung  $\text{eV} \rightarrow \text{erg} \rightarrow \text{Joule}$  an!
- Wie groß ist die **Lyman-Kontinuums-Leuchtkraft**  $L_{\text{Ly}\alpha}$  (in  $\text{erg/s}$ ) eines **42000 K** heißen Sterns, wenn der **Lyman-Kontinuums-Photonenfluss**  $N_L$  (s. Tab. von Thompson (1984) im Skript, Anhang) gegeben ist und ein Photon im Mittel **22 eV** besitzt? Berechnen Sie diese Leuchtkraft auch in Einheiten von Sonnenleuchtkräften!
- Wie groß ist die gesamte über die 'Lebensdauer' des Sterns von rund **4 Myr** abgegebene Energie der **Lyman-Kontinuums-Strahlung** (in  $\text{erg}$ )?  
(Annahme: Lyman-Kontinuums-Strahlung ist über die Lebensdauer konstant!)  
Wie groß ist im Vergleich dazu die über die gesamte Lebensdauer der Sonne von rund **12 Gyr** abgegebene Gesamtenergie?

## Aufgabe 2: Photonfluss (4P)

In der Tabelle (Anhang und im Skript) finden Sie die **Lyman-Kontinuums-Photonenflüsse**  $N_L$  von Sternen verschiedenen Spektraltyps.  $T_{\text{eff}}$  und Leuchtkraft  $L/L_\odot$  sind gegeben.

- Was bedeutet wohl  $N_e^2 V$  ( $N_e$ : Elektronendichte,  $V$ : Volumen)?
- Ordnen Sie den Sternen ihre **Massen** zu (in  $M_\odot$ ). Verwenden Sie dazu das Masse-Leuchtkraft-Verhältnis (aus wissenschaftlichen Publikationen oder Fachliteratur).
- Stellen Sie die folgende Beziehung für Sterne mit  $M \geq 10 M_\odot$  graphisch dar:

$$\begin{aligned} & \log(L/L_\odot) \text{ vs } \log(N_L) \\ & \log(M/M_\odot) \text{ vs } \log(N_L) \\ & \log(L/L_\odot) \text{ vs } \log(N_e^2 V) \end{aligned}$$

### Aufgabe 3: Expansion einer HII-Region (5P)

Sei für die Expansionsgeschwindigkeit einer HII-Region folgende Bewegungsgleichung gegeben,

$$\frac{dR}{dt} = \frac{S_*}{4\pi R^2 n_0} - \frac{1}{3} R n_0 \beta_2$$

wobei die Rekombinationszeitskala  $t_R$  sowie der Strömgrenradius  $R_s$  wie folgt definiert seien

$$t_R = \frac{1}{n_0 \beta_2} \quad , \quad R_s = \left( \frac{3S_*}{4\pi n_0^2 \beta_2} \right)^{1/3} .$$

Verwenden Sie dimensionslose Variablen  $\lambda = R/R_s$  sowie  $\tau = t/t_R$  um die Bewegungsgleichung auf folgende Form zu vereinfachen

$$\frac{d\lambda}{d\tau} = \frac{1 - \lambda^3}{3\lambda^2}$$

und lösen Sie sie mit der Methode 'Trennung der Variablen'. Als Anfangsbedingung gelte  $\lambda(\tau = 0) = 0$ . Zeigen Sie, dass die Lösung  $\lambda(\tau)$  geschrieben werden kann als

$$\lambda(\tau) = (1 - e^{-\tau})^{1/3}$$

und stellen Sie sie graphisch dar ( $\lambda$  vs  $\tau$ ).

TABLE 1

Sp	T	log (L/L <sub>⊙</sub> )	log R	Lyman Continuum log N <sub>e</sub> <sup>2V</sup>	log N <sub>L</sub>
*	5500	-0.17	10.80	41.00	28.42
G2	5800	0.00	10.84	41.90	29.32
G0	5980	0.10	10.86	42.44	29.85
*	6000	0.11	10.86	42.49	29.90
F8	6210	0.22	10.88	43.14	30.55
F7	6370	0.28	10.89	43.50	30.91
*	6500	0.34	10.91	43.85	31.26
F6	6580	0.38	10.92	44.06	31.47
F5	6810	0.48	10.94	44.59	32.00
F3/*	7000	0.56	10.95	45.01	32.43
F2	7240	0.66	10.97	45.39	32.80
*	7500	0.77	11.00	45.80	33.21
F0	7520	0.78	11.00	45.86	33.27
*	8000	0.94	11.03	46.78	34.19
A5/*	8500	1.11	11.06	47.81	35.22
A4	8630	1.16	11.07	48.22	36.63
A3	8840	1.23	11.08	48.79	36.20
*	9000	1.27	11.09	49.11	36.53
A2	9070	1.29	11.09	49.27	36.69
A1	9320	1.35	11.10	49.77	37.19
*	9400	1.37	11.10	49.93	37.34
A0	9600	1.43	11.12	50.24	37.65
B9.5/*	10000	1.55	11.14	50.85	38.26
*	10500	1.69	11.17	51.39	38.81
B9	10700	1.74	11.17	51.62	39.04
*	11000	1.79	11.18	51.85	39.26
*	11500	1.88	11.18	52.26	39.67
B8/*	12000	1.97	11.19	52.62	40.03
*	12500	2.06	11.20	52.98	40.39
*	13000	2.13	11.20	53.29	40.71
B7	13600	2.22	11.21	53.60	41.02
*	14000	2.30	11.22	53.88	41.30
B6	14600	2.42	11.24	54.23	41.65
*	15000	2.50	11.26	54.47	41.89
B5	15600	2.61	11.28	54.80	42.22
*	16000	2.68	11.30	55.01	42.42
*	17000	2.85	11.33	55.52	42.93
B3	17900	3.01	11.36	55.95	43.36
*	18000	3.03	11.37	56.00	43.41
*	20000	3.37	11.45	56.83	44.24
B2	20500	3.45	11.46	57.04	44.45
*	22500	3.69	11.51	57.66	45.08
B1	22600	3.70	11.51	57.69	45.11
*	25000	3.92	11.53	58.36	45.78
B0.5	26200	4.03	11.54	58.70	46.12
*	30000	4.33	11.58	59.62	47.03
B0	30900	4.40	11.59	59.82	47.23
09.5	33000	4.58	11.61	60.34	47.75
09	34500	4.66	11.62	60.57	47.98
*	35000	4.70	11.63	60.68	48.09
08.5	35500	4.73	11.63	60.73	48.14
08	36500	4.81	11.65	60.85	48.26
07.5	37500	4.92	11.68	61.02	48.43
07	38500	5.00	11.70	61.15	48.56
06.5/*	40000	5.17	11.75	61.41	48.83
06P	42000	5.40	11.82	61.67	49.08
05.5P	44500	5.60	11.87	61.95	49.36
05P	47000	5.83	11.94	62.21	49.62
04P	50000	6.11	12.02	62.52	49.93