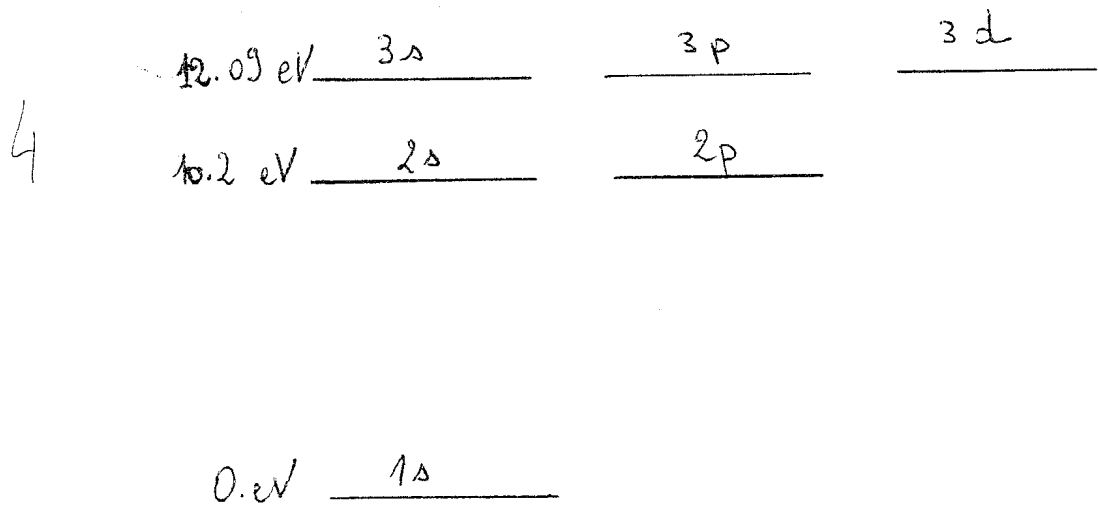


Examen de
Transfert de Rayonnement et Atmosphères Stellaires
M. Faurobert-Scholi, novembre 1997

Formation de la raie $H\alpha$ de l'hydrogène à la surface du Soleil

Dans tout ce qui suit on négligera la structure fine de l'atome d'hydrogène.

1- Sur la figure ci-dessous qui représente les premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène, indiquez par un trait les transitions permises. Y a-t'il un niveau métastable (c'est à dire qui ne peut pas se desexciter par une transition dipolaire électrique)? En vous servant des longueurs d'ondes des raies données dans la Table ci-dessous, inscrire à coté de chaque transition sa raie d'appartenance dans le spectre de l'hydrogène ($Ly\alpha$, $Ly\beta$, $H\alpha$).



2- L'intensité du rayonnement à la surface du Soleil dans chacune de ces raies étant donnée par

raie	longueur d'onde (Å)	Intensité spécifique moyenne J_{ν_0} ergs/cm ² /s/sr/Hz
$Ly\alpha$	1216	$3.0 \cdot 10^{-8}$
$Ly\beta$	1026	$3.4 \cdot 10^{-10}$
$H\alpha$	6563	$6.59 \cdot 10^{-6}$

3

Quel est le nombre moyen de photons \bar{n}_{ν_0} dans chacune d'elles? Quelle est la température de rayonnement dans chacune de ces raies? On donne constante de Planck, $h = 6.63 \cdot 10^{-27}$ ergs seconde
vitesse de la lumière, $c = 3.0 \cdot 10^{10}$ cm/s
constante de Boltzmann, $k = 1.38 \cdot 10^{-16}$ erg/K
1eV = $1.602 \cdot 10^{-12}$ erg

2

3- Pour chacune de ces raies comparer les probabilités d'absorption et d'émission induite à la probabilité d'émission spontanée (on pourra se servir de l'intensité dans les raies donnée dans la Table précédente). Peut-on négliger l'émission induite?

3 4- Ecrire les équations de l'équilibre statistique pour tous les niveaux représentés sur la figure de la première question. On pourra numérotter ces niveaux de 1 à 6 et noter sous la forme A_{ij} et B_{ij} les coefficients d'Einstein de chacune des transitions, et n_i la population de chacun des niveaux. Les intensités spécifiques moyennes seront notées par exemple $J_{L\gamma\alpha}$. On supposera que toutes les probabilités de transition par collisions sont négligeables. On n'oubliera pas de tenir compte de la dégénérescence des niveaux.

3 5- Résoudre ces équations pour déterminer les populations des niveaux n_i à l'équilibre. Au lieu d'utiliser la condition de normalisation habituelle pour les populations des niveaux, on supposera que la population du niveau le plus bas est égale à 1, et on pourra ignorer l'équation d'équilibre de ce niveau. Montrer que dans ce cas, le système d'équations se décompose en deux systèmes indépendants, que l'on peut alors résoudre analytiquement. Effectuer l'application numérique.

3 6- Quelle serait la population n_i^* des niveaux à l'ETL (en supposant comme précédemment que la population du niveau le plus bas est égale à 1)? La température dans la région de formation de la raie $H\alpha$ est 6400K. Effectuer l'application numérique.

2 7- En comparant les réponses aux questions 5 et 6, discuter la validité de l'approximation ETL pour décrire la formation de la raie $H\alpha$, en particulier sa fonction source.