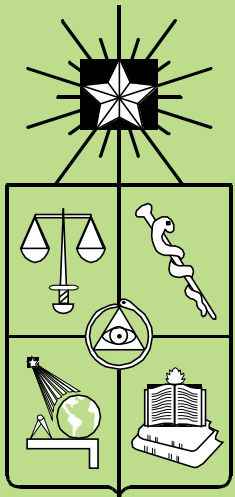


El Medio Intergaláctico



Sebastian Lopez
Departamento de Astronomía
Universidad de Chile



◆ Líneas UV más comúnmente observadas

Notar:

1. Absorción por línea de 21cm observada hacia algunas radiofuentes cercanas.

2. Forest de Helio II observada hacia ciertos cuasares “limpios”.

QSO Absorption Lines	
Transition	Vacuum Wavelength (Å)
Lyman limit	911.753
Ly γ	972.537
Ly β	1025.722
Ly α	1215.67
Si IV 1393	1393.755
Si IV 1402	1402.770
C IV 1548	1548.187
C IV 1550	1550.772
Fe II 2382	2382.765
Fe II 2600	2600.173
Mg II 2796	2796.352
Mg II 2803	2803.531

- ◆ Líneas más comúnmente observadas en el visual
- ◆ CIV

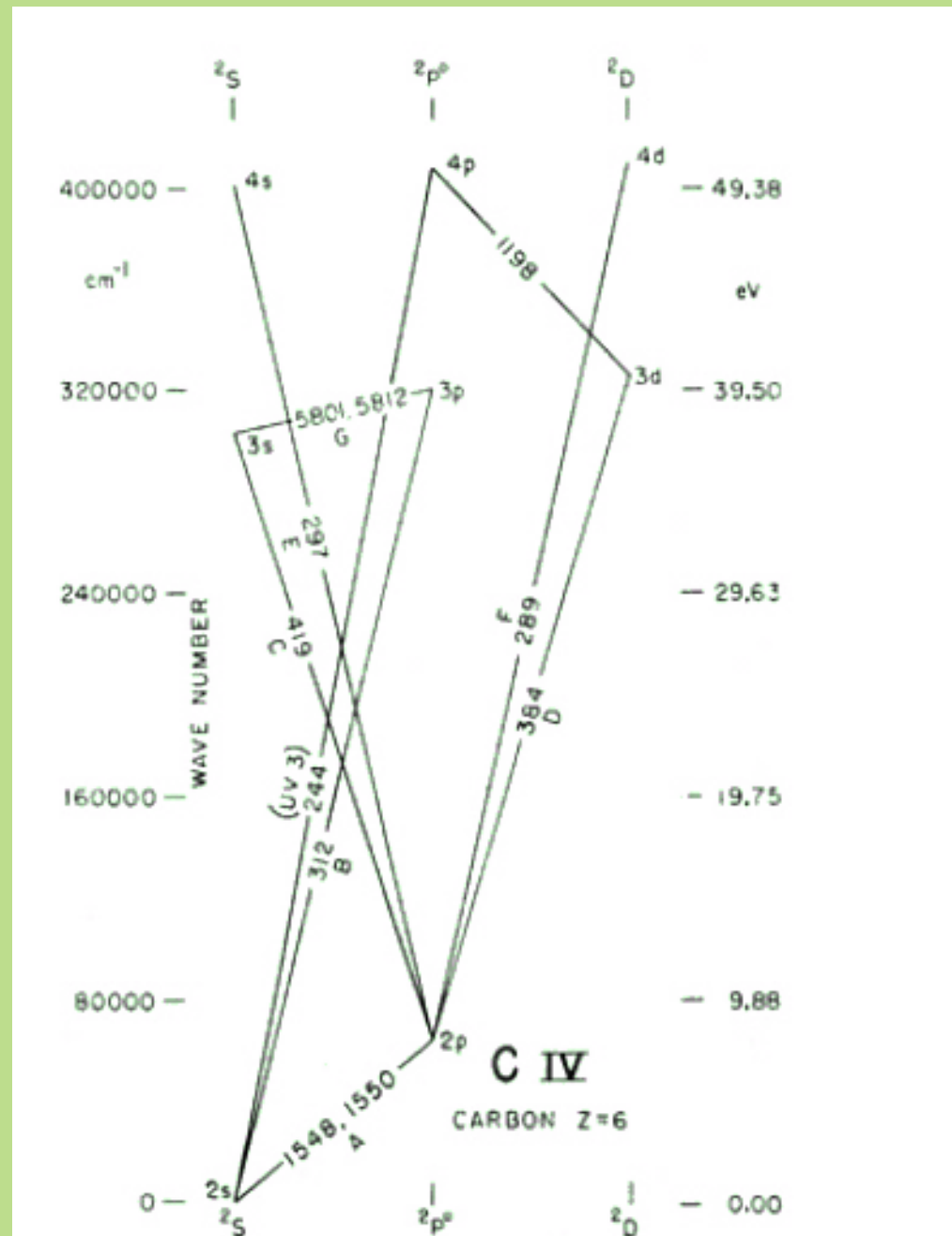


Table : atompar					
Sequence	TRANSITION	LAMBDA	FOSC	GAMMA	MASS
1	HI_1215	1215.6700	0.41640	6.2650e+08	1.0079
2	HI_1025	1025.7223	0.07912	1.8970e+08	1.0079
3	HI_972	972.5368	0.02899	8.1260e+07	1.0079
4	HI_949	949.7430	0.01394	4.2030e+07	1.0079
5	HI_937	937.8035	0.00780	2.4500e+07	1.0079
6	HI_930	930.7483	0.00481	1.2000e+07	1.0079
7	HI_926	926.2257	0.00318	8.2000e+06	1.0079
8	HI_923	923.1504	0.00222	5.8000e+06	1.0079
9	HI_920	920.9631	0.00160	4.2000e+06	1.0079
10	HI_919	919.3610	0.00120	3.1000e+06	1.0079
11	HI_918	918.1290	0.00092	2.4000e+06	1.0079
12	HI_917	917.1810	0.00072	1.9000e+06	1.0079
13	HI_916	916.4290	0.00058	1.5000e+06	1.0079
14	HI_915_8	915.8240	0.00047	1.2000e+06	1.0079
15	HI_915_3	915.3290	0.00039	1.0000e+06	1.0079
16	HI_914_9	914.9190	0.00032	8.5000e+05	1.0079
17	HI_914_5	914.5760	0.00027	7.1000e+05	1.0079
18	HI_914_2	914.2860	0.00023	6.0700e+05	1.0079
19	HI_914_0	914.0390	0.00020	5.2000e+05	1.0079
20	HI_913_8	913.8260	0.00017	4.5000e+05	1.0079
21	HI_913_6	913.6410	0.00015	3.9000e+05	1.0079
22	HI_913_4	913.4800	0.00013	3.3800e+05	1.0079
23	HI_913_3	913.3390	0.00011	3.0000e+05	1.0079
24	HI_913_2	913.2150	0.00010	2.6600e+05	1.0079
25	HI_913_1	913.1040	0.00009	2.3700e+05	1.0079
26	HI_913_0	913.0060	0.00008	2.1100e+05	1.0079
27	HI_912_8	912.8100	0.00007	1.8800e+05	1.0079

◆ Líneas UV más comúnmente observadas

CIV_1550	1550.7700	0.09522	2.6410e+08	12.0094
CIV_1548	1548.1949	0.19080	2.6450e+08	12.0094

- ◆ Conversión a velocidad en sistema de referencia del sistema

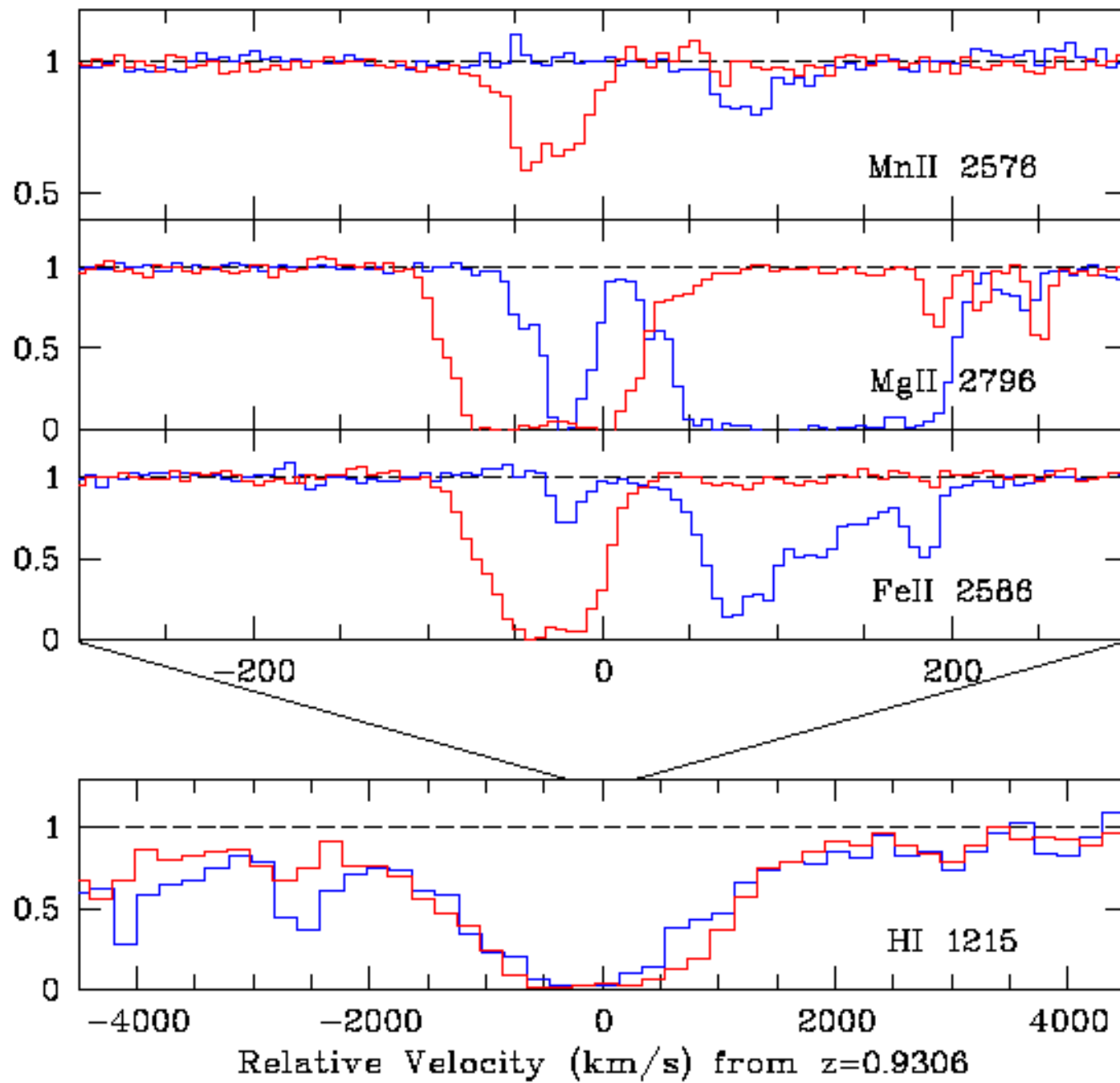
$$z = \lambda_{obs} / \lambda_0 - 1$$

$$z_1 \approx z \rightarrow \Delta z / (1 + z) \approx \Delta v / c$$

$$\frac{v}{c} \approx \left[\frac{\lambda_{obs}}{1215.6702 (1 + z)} \right] - 1$$

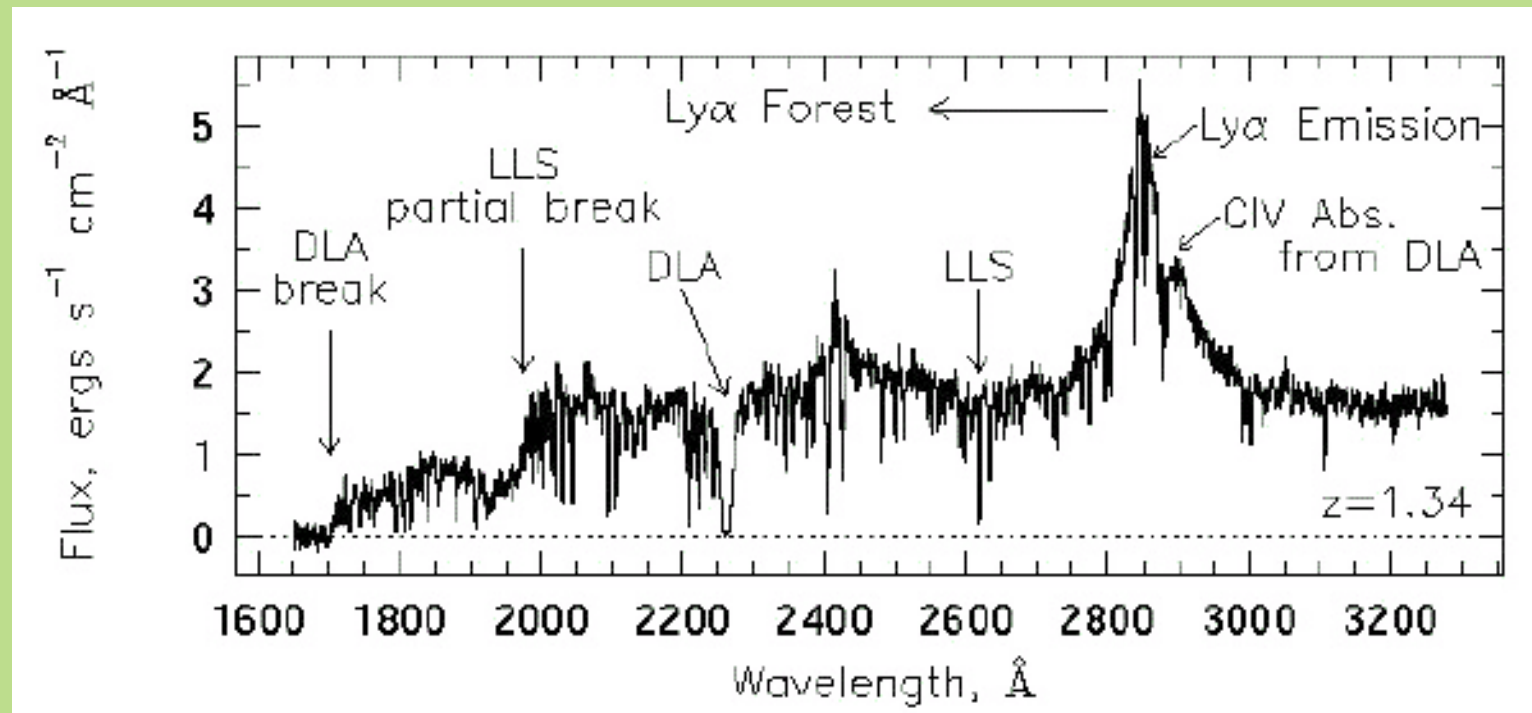
HE 0512-3329 A

HE 0512-3329 B

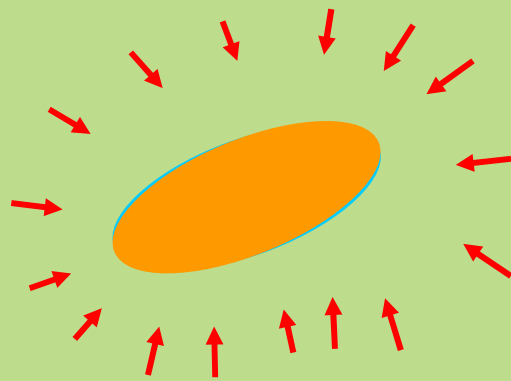


ref-

- ◆ Clasificación de los absorbentes por densidad de columna:
 - ◆ **DLAs** (“damped” Ly-a systems):
 $N_{\text{HI}} > 10^{20.3} \text{ cm}^{-2}$
 - ◆ **LLSs** (Lyman-limit systems):
 $N_{\text{HI}} > 10^{17} \text{ cm}^{-2}$
 - ◆ **Ly-a forest**: $N_{\text{HI}} < 17 \text{ cm}^{-2}$

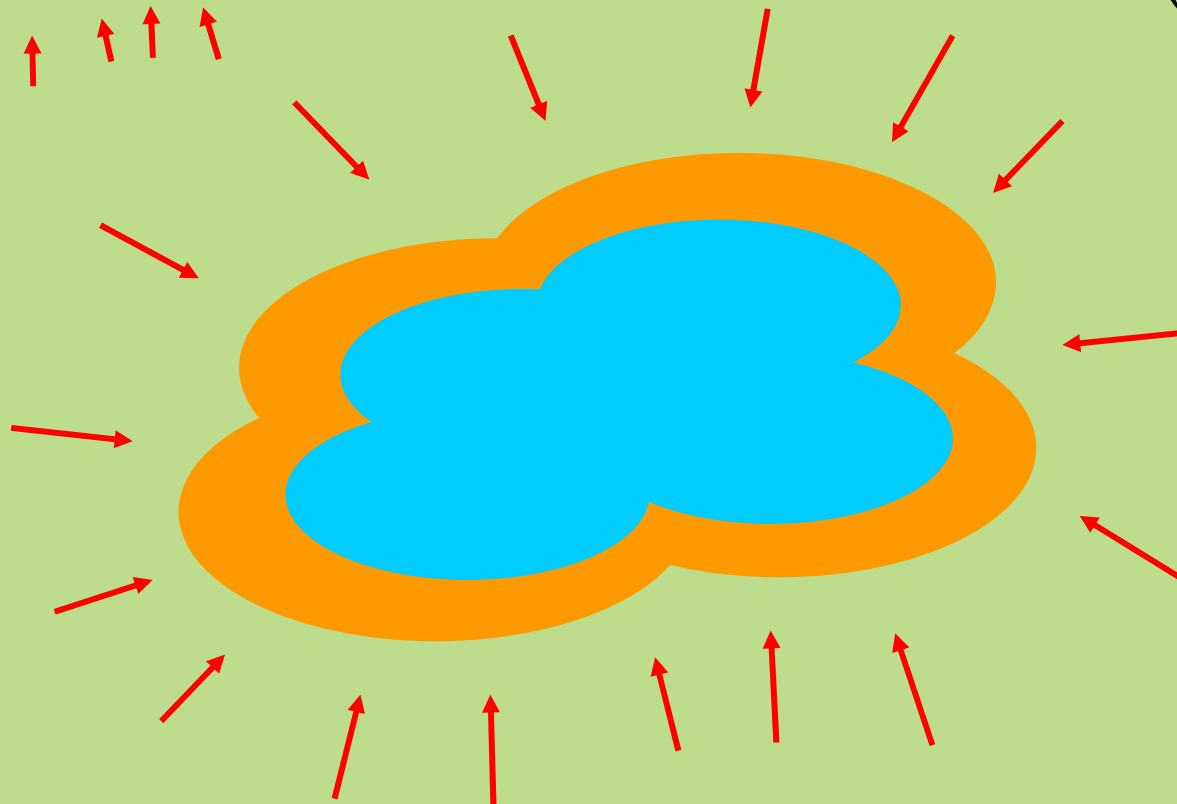


◆ Cuándo permanece neutral una nube

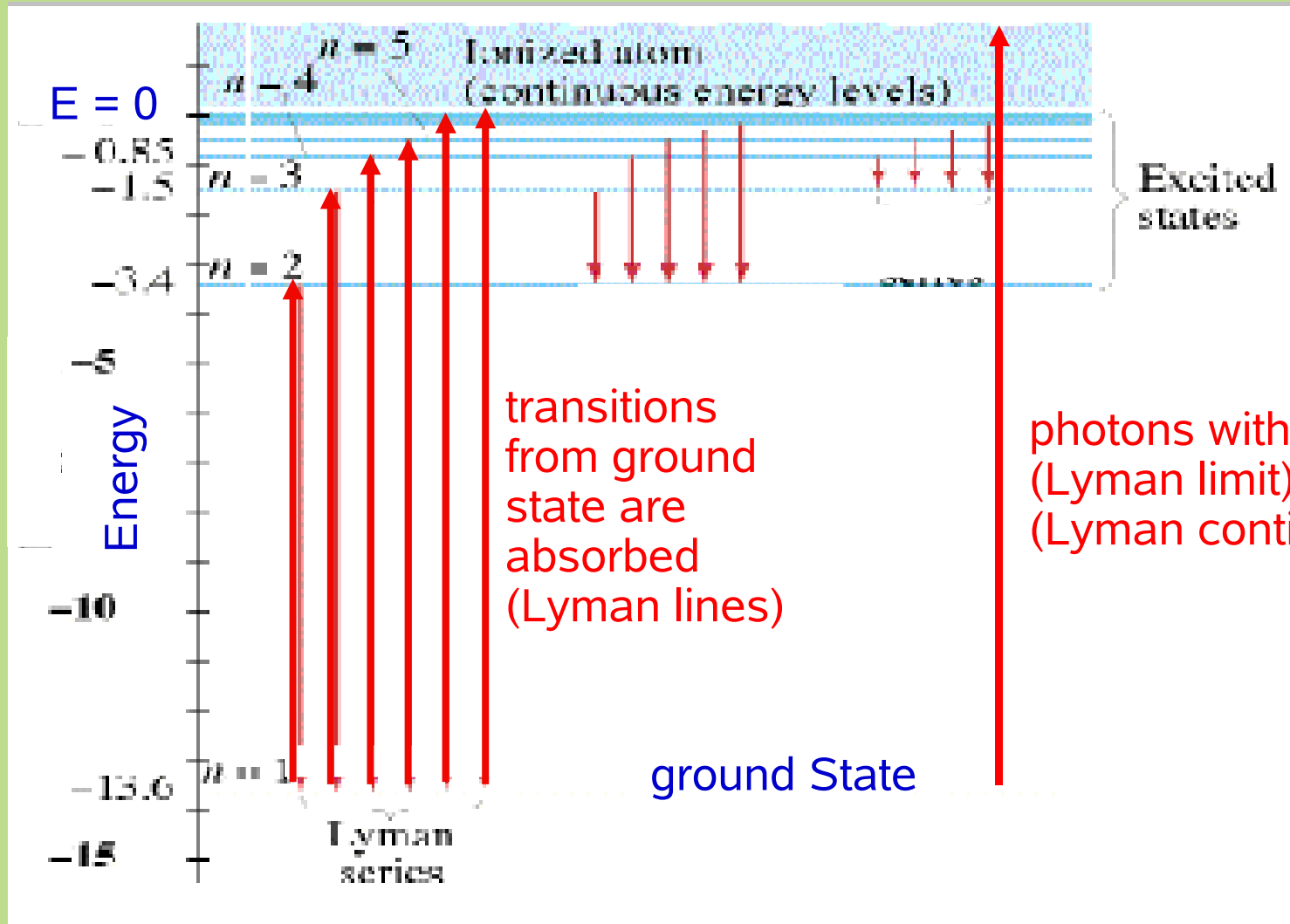


Profundidad óptica $\tau > 1$
para fotones con $E \sim 13.6 \text{ eV}$:

$$N(\text{HI}) > 3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$$



◆ Líneas más comúnmente observadas en el visual



◆ “Lyman-edge”

- ◆ En general, fotones con $E > 13.6$ pueden ionizar medio, pero sección eficaz de ionización, a_{ν} , disminuye rápidamente con la energía (frecuencia).
- ◆ ---> Continuo del cuasar se “recupera” a frecuencias más altas.
- ◆ A qué frecuencia, depende de N_{HI} !!

$$a_{\nu} = 6.3 \times 10^{-18} \left(\nu_L / \nu \right)^3 \text{ cm}^2$$

$$a_{\nu} = 6.3 \times 10^{-18} \left(\frac{\lambda}{912 \times (1+z)} \right)^3 \text{ cm}^2$$

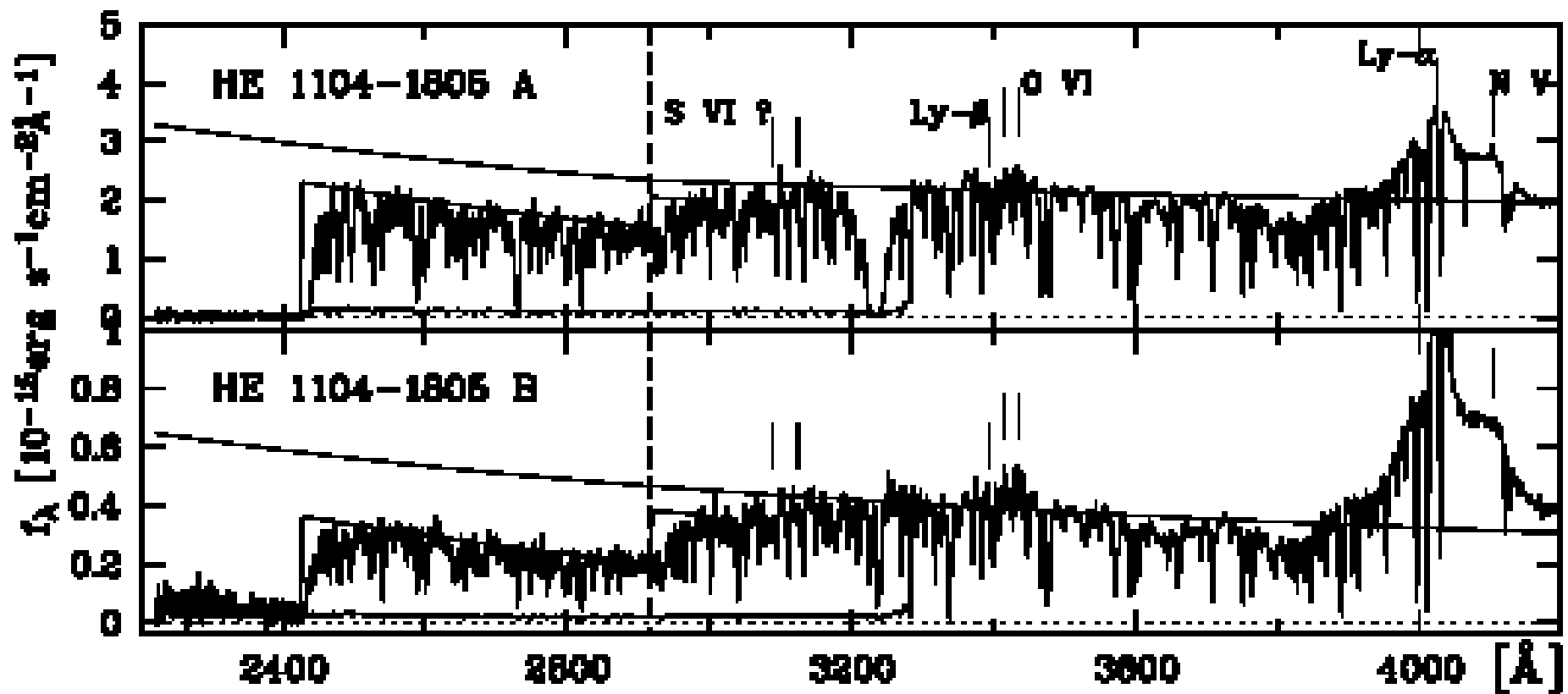
- ◆ “Lyman-edge”
 - ◆ En general, fotones con $E > 13.6$ pueden ionizar medio, pero sección eficaz de ionización, a_{ν} , disminuye rápidamente con la energía (frecuencia).
 - ◆ ---> Continuo del cuasar se “recupera” a frecuencias más altas.
 - ◆ A qué frecuencia, depende de N_{HI} !!

$$\tau = a_{\nu} \times N(HI)$$

$$\frac{F_{\lambda}}{F_c} = \exp(-\tau)$$

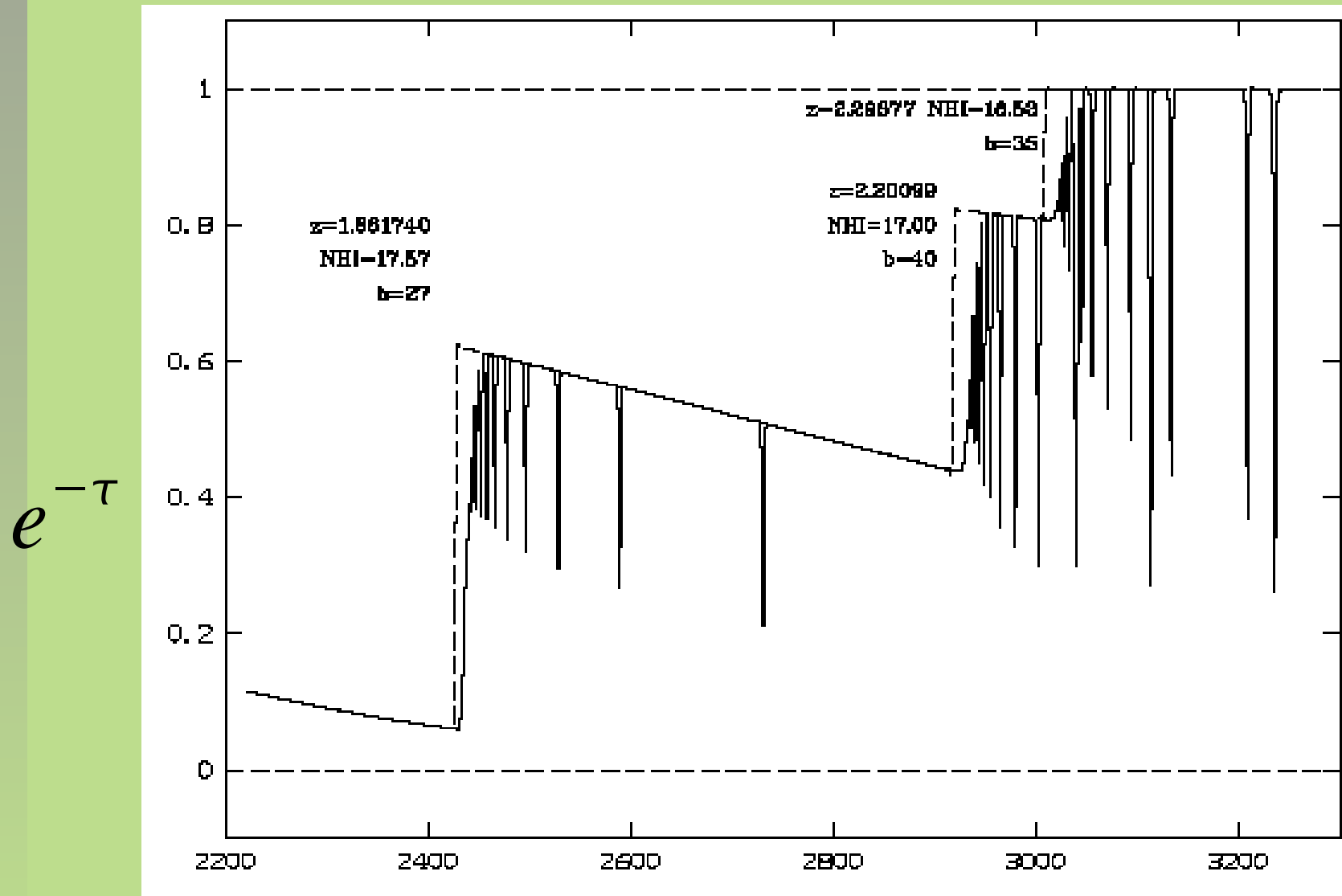
- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ LLSs y sub-DLAs

$$f \propto \nu^\alpha$$



- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ LLSs y sub-DLAs

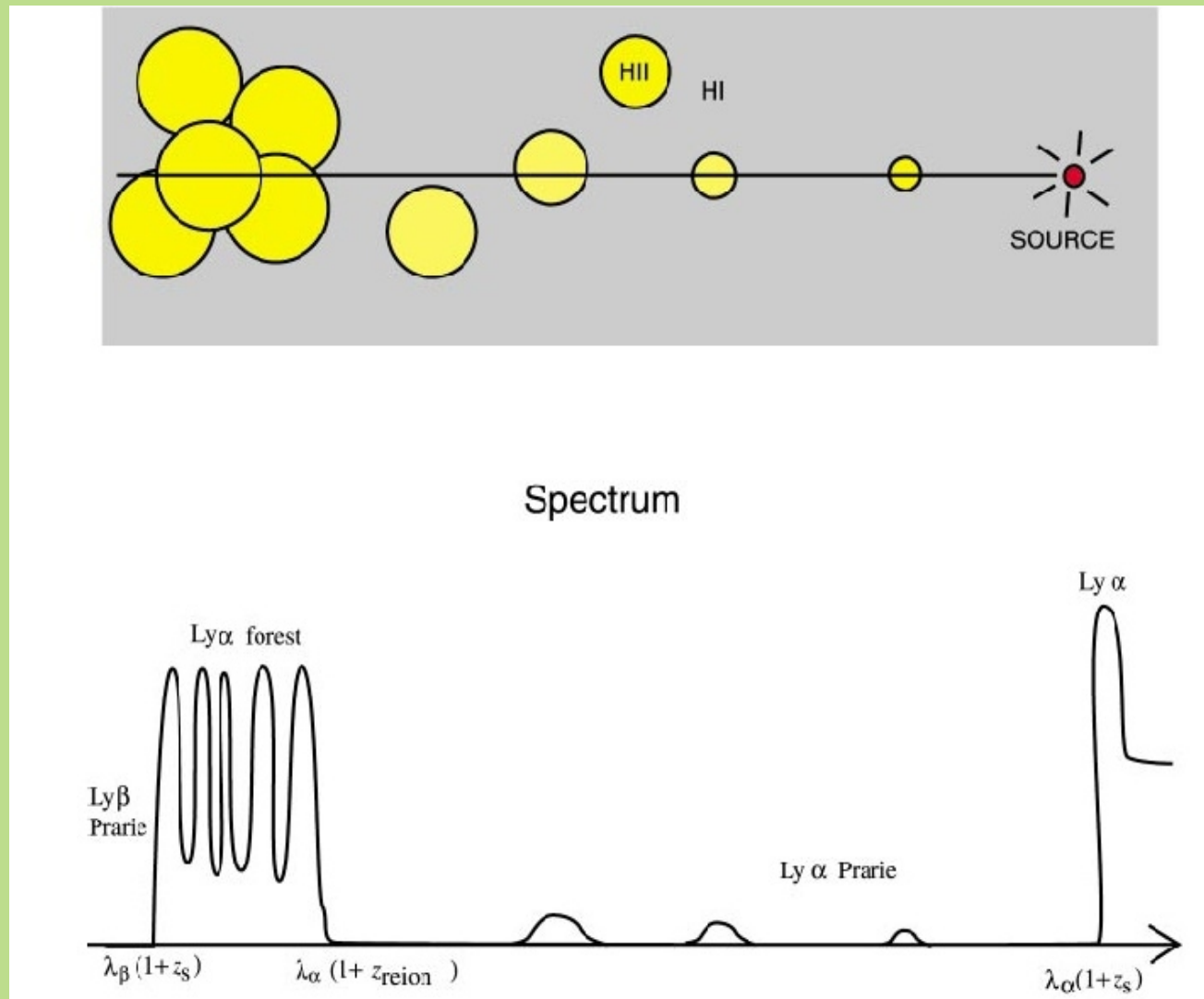
$$\tau = a_v \times N(HI)$$



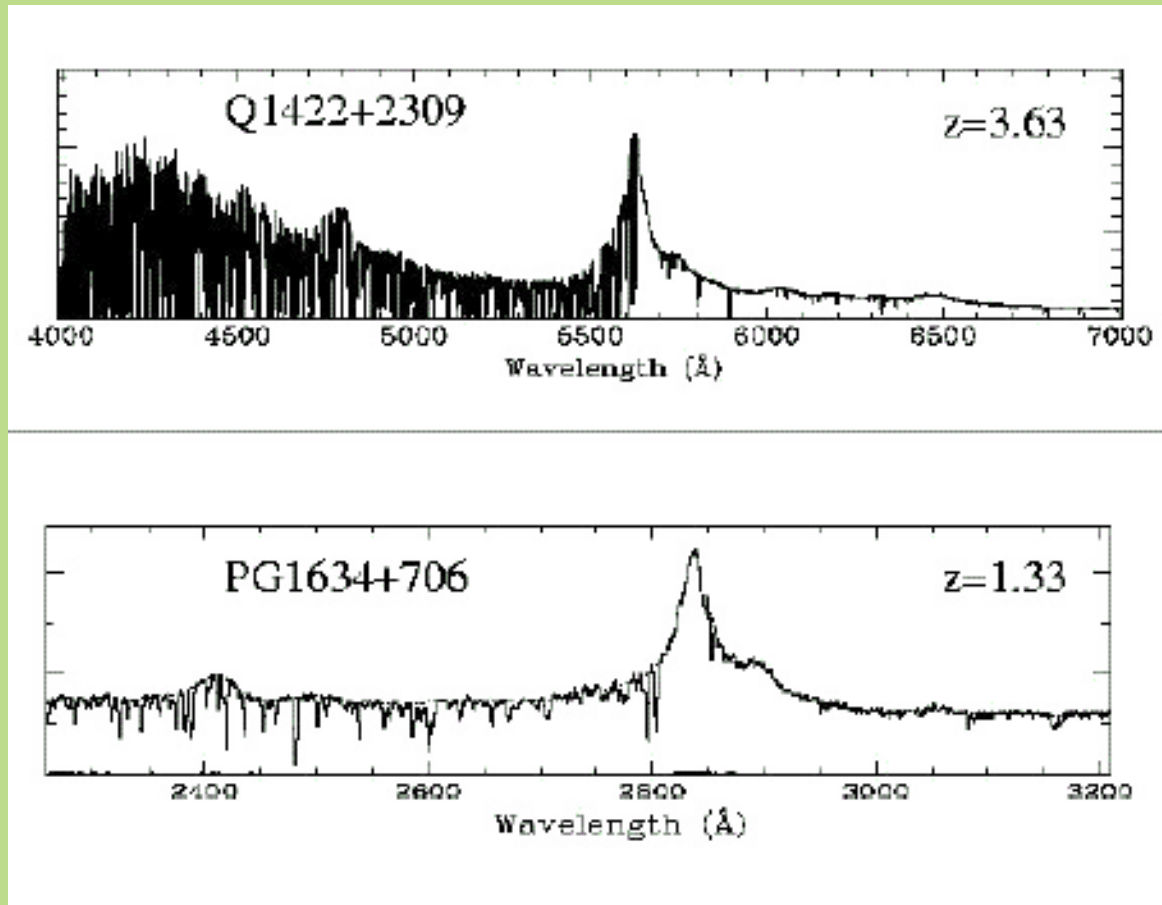
- ◆ Clasificación de los absorbentes por densidad de columna:
 - ◆ **DLAs** (“damped” Ly-a systems):
 $N_{\text{HI}} > 10^{20.3} \text{ cm}^{-2}$
 - ◆ **LLSs** (Lyman-limit systems):
 $N_{\text{HI}} > 10^{17} \text{ cm}^{-2}$
 - ◆ **Ly-a forest**: $N_{\text{HI}} < 17 \text{ cm}^{-2}$
 - ◆ Numerosos sistemas
 - ◆ Probablemente nubes proto-galácticas (tamaños de varios kpc!)
 - ◆ No son galaxias pero algunas pueden ser “proto-enanas”
 - ◆ “Cosmic web”
 - ◆ Gas primordial?
 - ◆ “Helium forest”

- ◆ Clasificación de los absorbentes por densidad de columna:
 - ◆ **DLAs** (“damped” Ly-a systems) y **LLSs** (Lyman-limit systems):
 - ◆ Raros (1 DLA cada 5 unidades de z a $z=2$!!)
 - ◆ Gas asociado a galaxias
 - ◆ Metales al mismo redshift
 - ◆ LLSs parecidos a DLAs pero menos masivos o más jóvenes o parámetro de impacto mayor.
 - ◆ **Ly-a forest**: $N_{\text{HI}} < 17 \text{ cm}^{-2}$

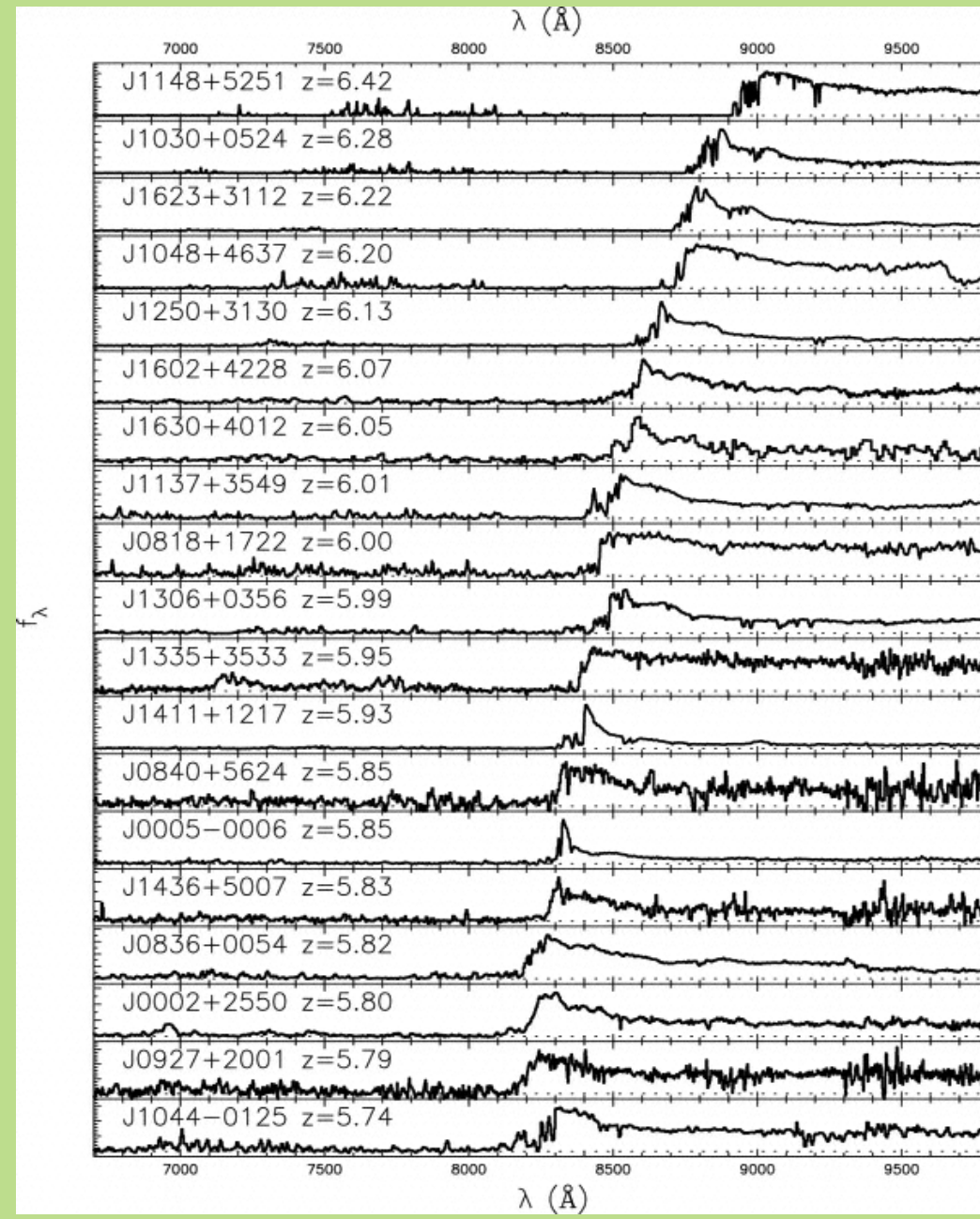
- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ Gunn-Peterson



- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ Lyman- α forest @ low and high- z

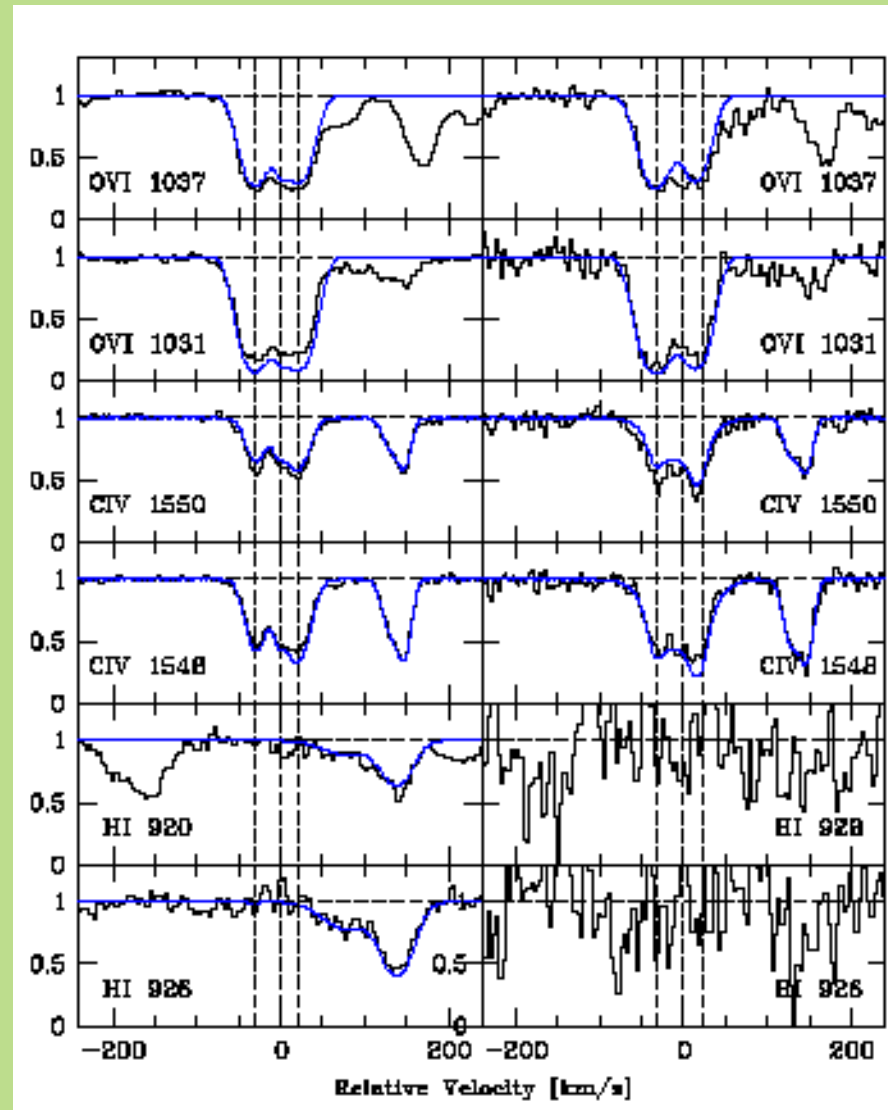


- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ Lyman-a forest @ high-z: SLOAN QSOs



Fan, X. et al. (2006) ApJ, 132, 117

- ◆ Clasificación de los absorbentes:
 - ◆ Associated systems and BALs



- ◆ Número de absorbentes por unidad de redshift:
- ◆ Crece rápidamente a menor $N(\text{HI})$!
- ◆ Más líneas con $N(\text{HI})$ pequeño que con $N(\text{HI})$ grande.

$$f(N_{\text{HI}}) \propto N(\text{HI})^{1.5}$$

