

# MUSE-ALMA Halos VI: Coupling Atomic, Ionised & Molecular Gas Kinematics of Galaxies

Roland Szakacs,<sup>1\*</sup> Céline Péroux,<sup>1,2</sup> Martin Zwaan,<sup>1</sup> Aleksandra Hamałowicz,<sup>3</sup> ArXiv:2105.07280  
Anne Klitsch,<sup>4</sup> Alejandra Y. Fresco,<sup>5</sup> Ramona Augustin,<sup>3</sup> Andrew Biggs,<sup>1</sup> MNRAS Accepted  
Varsha Kulkarni,<sup>6</sup> Hadi Rahmani<sup>2,7</sup>

Хорошее введение.

Что поддерживает ЗО, соотношение ионизованной/нейтральной/молекулярной ISM

Определение: “the circumgalactic medium (CGM), which is loosely defined as the gas surrounding galaxies outside of the disk or ISM, but within the virial radius (Tumlinson+17)”

Наблюдения:

5 полей с квазарами, с сильными абсорбциями HI на  $z=0.4$  + один  $z\sim 0.75$

VLT/MUSE: 1-4 часа (Hamałowicz et al. 2020)

ALMA

HST: FOC/COS, WFPC2, WFPC3

Аккуратное отношение к систематическим ошибкам:

$8.98 \pm 0.02$ , but include the lower metallicity in the error calculation and compute  $\alpha_{\text{CO}} = 2.48^{+2.50}_{-0.08} M_{\odot} (\text{K km/s pc})^{-1}$ . The molecular

but take into account the value derived by the Tully-Fisher relation and by the MZR using the (Muzahid et al. 2016) metallicity ( $12+\log(\text{O}/\text{H}) = 8.68 \pm 0.09$ ,  $\log(M_{\star}/M_{\odot}) = 9.1^{+0.3}_{-0.2}$ ) in the error calculations:  $\log(M_{\star}/M_{\odot}) = 10.1^{+0.5}_{-1.0}$

## Из 9 галактик в 4 нашли молекулярный газ

Absorber ID	$z_{\text{abs}}^{\text{a}}$	$\log(N_{\text{HI,abs}})$ [ $\text{cm}^{-2}$ ]	$[\text{Fe}/\text{H}]_{\text{abs}}$			
Galaxy   (z)	$b^{\text{a}}$ [kpc / "']	$\text{SFR}_{[\text{OII}]^{\text{a}}}$ [ $M_{\odot}\text{yr}^{-1}$ ]	$12 + \log(\text{O}/\text{H})_{\text{l}}^{\text{a}}$	$12 + \log(\text{O}/\text{H})_{\text{u}}^{\text{a}}$	$M_{\text{mol}}$ [ $10^9 M_{\odot}$ ]	$\tau_{\text{dep}}$ [Gyr]
<b>Q2131z043<sub>HI</sub></b>	<b>0.43</b>	<b><math>19.5 \pm 0.15^{\text{b}}</math></b>	<b><math>&gt; -0.96^{\text{a}}</math></b>			
Q2131-G1   (0.42974)	52 / 9.2	$2.00 \pm 0.2$	$8.98 \pm 0.02$	-	$3.52^{+3.95}_{-0.31}$	$< 4.15$
Q2131-G2   (0.4307 <sup>a</sup> )	61 / 10.7	$0.20 \pm 0.1$	$8.32 \pm 0.16$	-	$< 3.64$	$< 36.37$
<b>Q1232z039<sub>HI</sub></b>	<b>0.3950</b>	<b><math>20.75 \pm 0.07^{\text{c}}</math></b>	<b><math>&lt; -1.31^{\text{c}}</math></b>			
Q1232-G1   (0.3953 <sup>a</sup> )	8 / 1.5	$0.67 \pm 0.09$	$8.02 \pm 0.06$	$8.66 \pm 0.04$	$< 6.09$	$< 8.02$
<b>Q1232z075<sub>MgII</sub></b>	<b>0.7572</b>	<b><math>18.36^{+0.09}_{-0.08}^{\text{d}}</math></b>	<b><math>&gt; -1.48^{\text{d}}</math></b>			
Q1232-G2   (0.7566 <sup>a</sup> )	68 / 9.1	$2.58 \pm 0.23$	$8.19 \pm 0.19$	$8.54 \pm 0.19$	$< 18.31$	$< 7.80$
<b>Q0152z038<sub>HI</sub></b>	<b>0.3887</b>	<b><math>&lt; 18.8^{\text{e}}</math></b>	<b><math>&gt; -1.36^{\text{a}}</math></b>			
Q0152-G1   (0.3826 <sup>a</sup> )	60 / 11.5	$1.04 \pm 0.03$	$8.65 \pm 0.09$	-	$< 2.80$	$< 2.78$
<b>Q1211z039<sub>HI</sub></b>	<b>0.3929</b>	<b><math>19.46 \pm 0.08^{\text{b}}</math></b>	<b><math>&gt; -1.05^{\text{a}}</math></b>			
Q1211-G1   (0.3928 <sup>a</sup> )	37 / 6.8	$4.71 \pm 0.08$	$8.16 \pm 0.01$	$8.48 \pm 0.01$	$< 6.78$	$< 1.47$
<b>Q1130z031<sub>HI</sub></b>	<b>0.3127</b>	<b><math>21.71 \pm 0.07^{\text{f}}</math></b>	<b><math>-1.94 \pm 0.08^{\text{g} \ 1}</math></b>			
Q1130-G2   (0.3127 <sup>a</sup> )	44 / 9.5	$0.44 \pm 0.3$	$8.77 \pm 0.05$	-	$11.03^{+1.44}_{-1.27}$	$25^{+21}_{-20}$
Q1130-G4   (0.3126 <sup>a</sup> )	82 / 17.7	$> 0.40$	$< 8.65$	-	$> 8.88$	$\geq 22.19$
Q1130-G6   (0.3115 <sup>a</sup> )	98 / 21.3	$1.14 \pm 0.7$	$8.94 \pm 0.16$	-	$2.65^{+1.20}_{-0.82}$	$2.3^{+1.4}_{-1.1}$

We study the kinematics of both the ionised and molecular gas of the detected galaxy using the 3D fitting algorithm GalPak<sup>3D</sup> (Bouché et al. 2015). The algorithm assumes a disk parametric

The derived inclination of the molecular and ionised gas in Q2131-G1 are  $i_{[\text{OIII}]} = 60.5 \pm 1.2^\circ$  and  $i_{\text{CO}} = 47^{+10}_{-1}^\circ$ . The position angles (PA) are  $\text{PA}_{[\text{OIII}]} = 65 \pm 1^\circ$  and  $\text{PA}_{\text{CO}} = 59 \pm 2^\circ$ . We conclude that the gas phases in Q2131-G1 are aligned directionally.

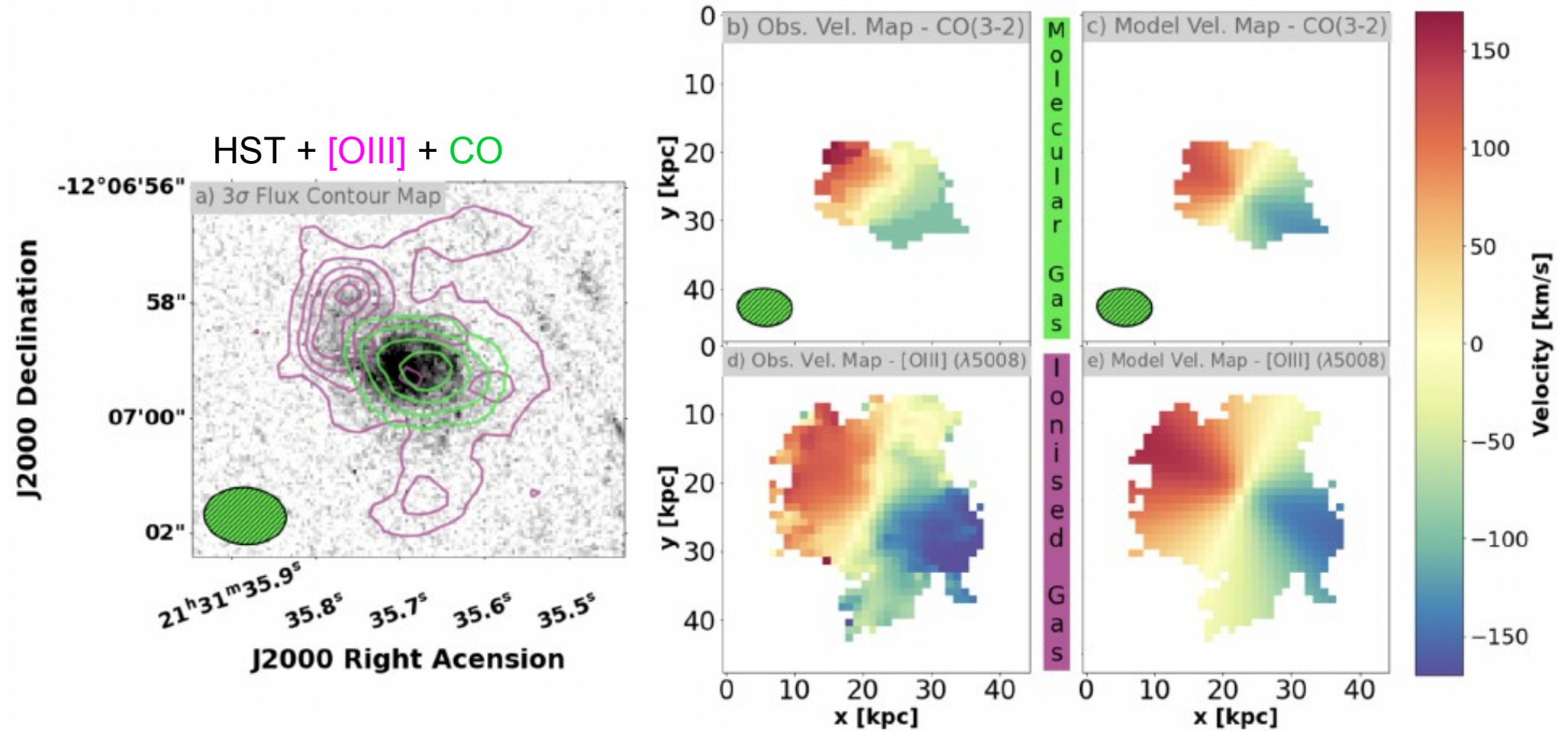
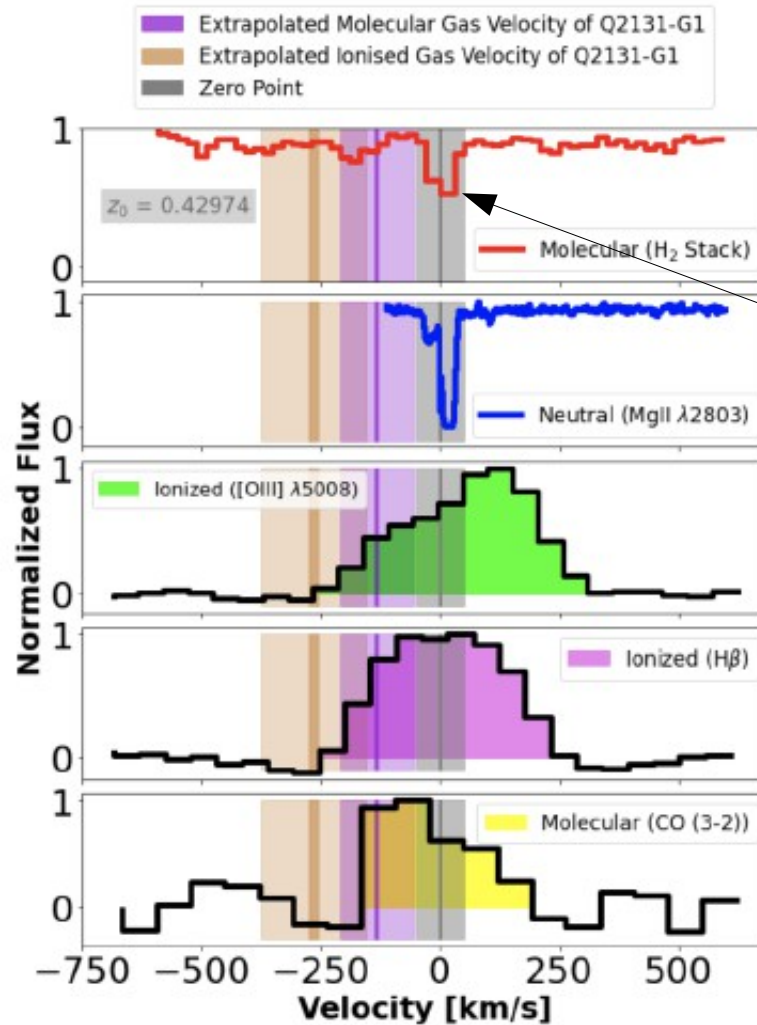
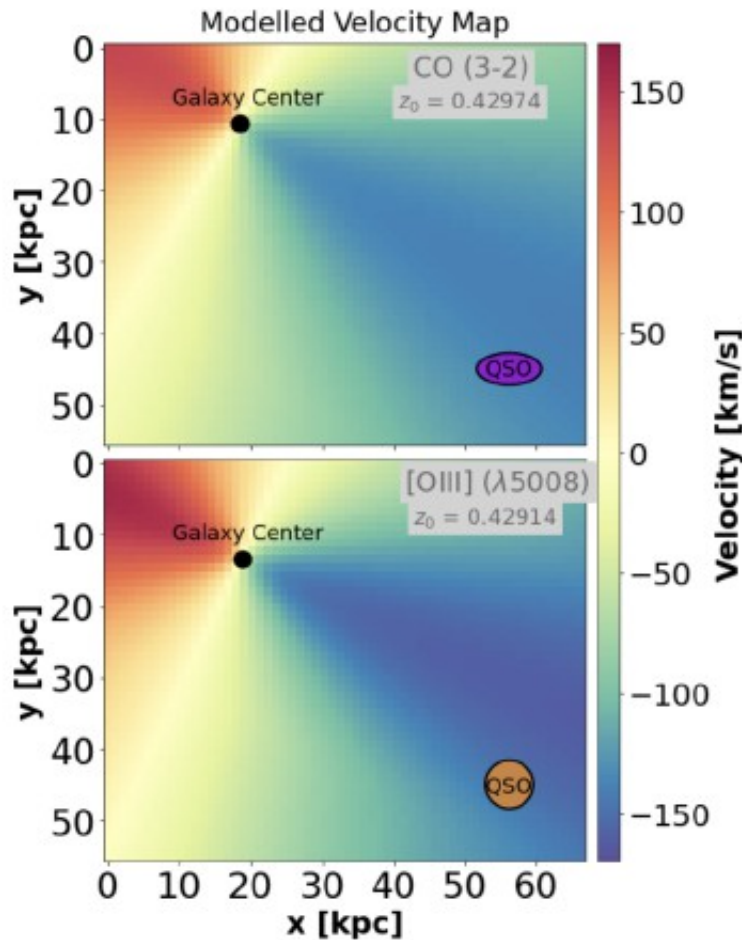


Figure 2: Contour plot and velocity maps of Q2131-G1. Ionised gas contour plot and velocity maps are based on [OIII]  $\lambda 5008$ . Molecular

MUSE observations are described in Péroux et al. (2017). The authors report the following: The maximum circular velocity is well constrained at  $V_{\text{max}} = 200 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$ , the half light radius is found to be  $r_{1/2} = 7.9 \pm 0.1 \text{ kpc}$ , the derived position angle is  $\text{PA} = 65 \pm 1^\circ$  and the inclination is  $i_{\text{CO}} = 60.5 \pm 1.2$ . Based on the derived flux,

Металличность для галактики и “абсорбера” более-менее согласуются (в рамках о разумных градиентах металличности)

А вот в кинематике - значимое синее смещение CO и [OIII]



Выпадающий на диск газ?

Итого:

В Q2131-G1 в ионизованном газе видны спиральные рукава и приливные (?) структуры, тянется аж на 40 кпк. А молекулярный газ – всего на 20 кпк

Кинематика хорошо совпадает

Невысокая доля темной материи внутри  $r_{1/2}$ :  $D_{DM}=0.24-0.54$

- Довольно высокое время исчерпания газа для всей выборки : 1.4-37(!) Gyr,  
Сильно выше, чем в галактиках, выделяемых по эмиссиям – особенность поиска по HI-DLA системам

Скучновато....