

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tao dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Xem thêm các tài liệu đã dịch sang tiếng Việt của chúng tôi tại:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Dịch tài liệu của bạn:

http://mientayvn.com/Tim_hieu_ve_dich_vu_bang_cach_doc.html

Tìm kiếm bản gốc tại đây:

https://drive.google.com/drive/folders/1Zjz7DM7W4iV1qojox5kc_UUiNpx2qSHR?usp=sharing

They reveal a highly inhomogeneous thermal condition. This explains the

Chúng cho thấy một điều kiện nhiệt độ không đồng nhất **mạnh**. Điều này **gây**

mismatch between the emission-weighted temperature and spectroscopic-like temperature. It agrees with the results obtained by [62] where the agreement between the two temperatures depends on the thermal complexity of the cluster. For cluster 00010, the temperature map presents a more relaxed gas. From the maps we would expect the average temperature from the X-ray observation to be higher for view Y-Z, and lower for view X-Z because of the presence of a cool bubble close to the center. This is actually reproduced in the values of T_{spec} we obtain.

Figure 7.1: The plots show the average spectroscopic temperature, T_{spec} , obtained from the observations, considering different energy ranges in fitting a model to the X-ray spectrum. The solid line represents the emission-weighted temperature, T_{ew} . The dashed line represents the T_{ew} error. Here we see the mismatch between the temperatures obtained from different views.

Figure 7.2: Plots of the average spectroscopic temperature, T_{spec} , obtained from the observations, considering different energy ranges in fitting a model to the X-ray spectrum. The solid line represents the spectroscopic-like temperature, T_{sl} . The dashed line represents the T_{sl} error. For cluster 5726 T_{sl} reproduces T_{spec} better than T_{ew} .

Figure 7.3: Temperature maps of cluster

ra sự chênh lệch giữa **hiệt độ trọng số phát xạ** và **hiệt độ quang phổ**. Khám phá này cũng trùng khớp với kết quả thu được **trong công trình** [62], trong đó **độ chênh lệch giữa hai nhiệt độ** phụ thuộc vào mức độ phức tạp trong việc trao đổi nhiệt của cụm thiên hà đó. Đối với cụm thiên hà 00.010, biểu đồ **hiệt độ** biểu thị một loại khí loãng hơn. Từ biểu đồ, chúng ta thấy nhiệt độ trung bình **qua quan sát tia X** cao **khi nhìn theo hướng YZ**, và thấp **khi nhìn theo hướng XZ** vì sự tồn tại của một **trình vân bong bóng** gần trung tâm. **Tính chất này được lặp lại** trên những chỉ số của TSPEC mà chúng ta thu được.

Hình 7.1: Các biểu đồ **biểu thị nhiệt độ quang phổ** trung bình TSPEC thu được từ các quan sát, **xét các dãy năng lượng** khác nhau **trong quá trình khớp mô hình với phổ tia X**. Các đường thẳng liền **nét biểu diễn nhiệt độ trọng số phát xạ** T_{ew} . Các đường đứt **nét biểu diễn sai số** T_{ew} . Ở đây, chúng ta thấy sự chênh lệch giữa **các nhiệt độ từ các góc nhìn khác nhau**.

Hình 7.2: **Biểu đồ nhiệt độ quang phổ** trung bình TSPEC thu được từ các quan sát **xét các khoảng năng lượng** khác nhau **trong quá trình khớp mô hình với phổ tia X**. Các đường liền **nét biểu diễn nhiệt độ dạng quang phổ** T_{sl} . Các đường **đứt nét biểu diễn sai số** T_{sl} . Đối với cụm thiên hà 5726, **TSL tạo lại TSPEC** tốt hơn so với T_{ew} .

Hình 7.3: Bản đồ **Nhiệt độ** của cụm

5726 within the field of view of XMM-Newton. This is the most massive cluster in our sample. It appears to be highly thermally inhomogeneous. A hot cluster core is not well defined showing cooler regions and lack of symmetry.

Figure 7.4: Temperature maps of cluster 00010 within the field of view of XMM-Newton. For this cluster T_{spec} reproduces the situation observed in the temperature map, with a lower value for T_{spec} , probably due to the presence of a cooler region near the cluster center.

Cluster 25174 presents a lower value of T_{spec} for the view Y-Z. The temperature map of this view shows that the warm region appears to be slightly smaller than in the other two views. This lack of symmetry could be the responsible for the lower average temperature obtained for view Y-Z.

The temperature maps of cluster 21926 do not present significant difference between the three views. In the X-Y view, the hot region is slightly smaller than in the other views. Here again, this would account for the lower value of T_{spec} obtained for this view.

7.5 Temperature profile

The temperature profiles for each cluster were obtained dividing the cluster spectrum into annuli and fitting an isothermal model to each annulus. The annuli were generated containing 5000 counts each, starting from the cluster center. The response matrices were also generated for each annulus. The only

thiên hà 5726 trong trường nhìn của kính thiên văn XMM-Newton. Đây là cụm thiên hà lớn nhất trong mẫu của chúng tôi. Dường như nó có sự bất đồng nhất về nhiệt độ cao. Lõi cụm không rõ nét có những vùng lạnh hơn và thiếu đối xứng.

Hình 7.4: Bản đồ nhiệt độ của cụm thiên hà 00.010 trong trường nhìn của kính thiên văn XMM-Newton. Đối với cụm này, tia T_{spec} tạo lại các trường hợp được quan sát trong bản đồ nhiệt độ có giá trị T_{spec} thấp hơn, điều này có lẽ là do sự tồn tại của một khu vực mát gần tâm cụm.

Cụm thiên hà 25.174 có giá trị TSPEC thấp hơn khi nhìn theo hướng YZ. Bản đồ nhiệt độ ở góc nhìn này cho thấy khu vực ấm có vẻ hơi nhỏ hơn so với hai góc nhìn khác. Sự thiếu đối xứng có thể là do nhiệt độ trung bình theo hướng YZ nhỏ hơn.

Bản đồ nhiệt độ của cụm thiên hà 21.926 không có sự khác biệt quá lớn giữa ba góc nhìn. Theo hướng XY, khu vực nóng hơi nhỏ hơn so với các hướng khác. Ở đây, điều này cũng góp phần giải thích tại sao T_{spec} thấp ở góc nhìn này.

7.6 Biên dạng nhiệt độ

Biên dạng nhiệt độ của mỗi cụm chia phổ cụm thành các hình khuyên và khớp mô hình đẳng nhiệt với mỗi hình khuyên. Mỗi hình khuyên được tạo thành chứa 5000 lần đếm, bắt đầu từ tâm cụm. Các ma trận đáp ứng cũng được tạo ra cho mỗi hình khuyên. Chỉ biên dạng có liên quan xem số lượng

relevant profiles considering this amount of counts is the one obtained for the most massive cluster, 5726. Because the number of counts obtained for the other clusters is significantly smaller than for the most massive cluster, we ended up with two or three annuli, which do not provide good enough data for extracting relevant information from the profile. Future work includes the observation of these clusters with higher exposure time in order to get enough precision to produce good quality temperature profiles. The profile obtained for the most massive cluster is presented here. Figure 7.5 shows the X-ray image with the annuli considered and the profile derived from fitting an isothermal model to each spectrum extracted, considering an annulus region. The temperature profiles are relevant in deriving the cluster mass and mass profiles [63]. In this study we considered an isothermal ICM, not including the temperature gradients when calculating the total mass of the clusters using Equation 3.3. At least for cluster 5726, which presents high thermal inhomogeneity, it is expected that neglecting the temperature gradients will reflect significantly in the value of the total cluster mass.

7.6 Discussion: For our cluster sample, the ICM average spectroscopic temperatures, T_{spec} , were obtained by fitting an isothermal model to the X-ray spectra observed in three orthogonal views. For a perfectly relaxed cluster, the results from different views would be expected to be the same, since we are

đếm này là số lượng đếm thu được đối với cụm lớn nhất, 5726. Bởi vì số lần đếm của các cụm khác nhỏ hơn đáng kể so với cụm lớn nhất, chúng ta kết thúc sau hai hoặc ba hình vành khuyên, và như vậy sẽ không cung cấp đủ dữ liệu để trích xuất thông tin liên quan từ biên dạng. Nghiên cứu tiếp theo sẽ bao gồm quan sát những cụm này với thời gian phơi cao hơn để đạt được đủ độ chính xác nhằm tạo biên dạng nhiệt độ chất lượng tốt. Biên dạng của cụm lớn nhất được trình bày ở đây. Hình 7.5 biểu diễn ảnh tia X cùng với những vành khuyên đang được xét và biên dạng rút ra bằng cách khớp mô hình đẳng nhiệt với mỗi phổ được trích xuất, xét một vùng vành khuyên. Biên dạng nhiệt độ có liên quan đến quá trình rút ra khối lượng cụm và biên dạng khối lượng [63]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi xét ICM đẳng nhiệt, không bao gồm các gradient nhiệt độ khi tính tổng khối lượng của cụm bằng Phương trình 3.3. Ít nhất đối với cụm 5726, thể hiện sự không đồng nhất nhiệt độ cao, theo dự đoán bỏ qua gradient nhiệt độ sẽ ảnh hưởng đáng kể đến tổng khối lượng cụm.

7.6 Thảo luận: Đối với mẫu cụm của chúng tôi, nhiệt độ quang phổ trung bình ICM T_{spec} được xác định bằng cách khớp mô hình đẳng nhiệt với phổ tia X quan sát được theo ba hướng vuông góc. Đối với cụm hoàn toàn rời rạc, kết quả ghi nhận được từ các góc nhìn khác nhau theo dự kiến sẽ giống

studying the X-ray emission of the same gas. However, the observations lead us to different results. We observe a mismatch between T_{spec} in different observation angles. This happens because of lack of symmetry and the thermal inhomogeneity of the clusters. This scenario is supported by the temperature maps extracted from the simulations, revealing the thermal condition of the clusters. The X-ray emission-weighted temperatures, T_{ew} , and the spectroscopic-like temperatures, T_{sl} , we obtained directly from the simulations. We observe that for the most massive cluster T_{ew} overestimates T_{spec} , while T_{sl} approximates T_{spec} better. The difference between T_{ew} and T_{sl} depends on the thermal complexity of the cluster and increases with complexity. This indicates that the most massive cluster presents high thermal inhomogeneity. For the three other clusters in our sample T_{ew} and T_{sl} agree within the error bars. When fitting a model to the X-ray spectra, different energy ranges were considered in order to test for systematics relating the energy range considered to the cluster mass. A mild trend that more massive clusters would require higher energy cuts is observed but we need a larger cluster sample to determine this dependence. Here it is observed from the temperature maps and temperature profiles that the ICM is not isothermal. Including the temperature profile in the analysis will provide a more realistic description of the thermal condition of the clusters, providing information

nhau, bởi vì chúng ta đang nghiên cứu phát xạ tia X của cùng một chất khí. Tuy nhiên, kết quả quan sát dẫn đến những kết quả khác. Chúng tôi nhận thấy sự chênh lệch T_{spec} theo các góc quan sát khác nhau. Nguyên nhân là do sự thiếu đối xứng và không đồng nhất về nhiệt độ của các cụm. Điều này được khẳng định thêm thông qua các bản đồ nhiệt độ trích xuất từ các mô phỏng, thể hiện điều kiện nhiệt của các cụm. Nhiệt độ trọng số phát xạ tia X T_{ew} , và các nhiệt độ quang phổ T_{sl} mà chúng tôi thu được trực tiếp từ các mô phỏng. Chúng tôi thấy rằng đối với cụm lớn nhất, T_{ew} lớn hơn T_{spec} , trong khi T_{sl} chênh lệch với T_{spec} ít hơn. Sự chênh lệch giữa T_{ew} và T_{sl} phụ thuộc vào sự phức tạp nhiệt độ của cụm và tăng theo độ phức tạp. Điều này cho thấy rằng cụm lớn nhất sẽ có độ bất đồng đều nhiệt độ cao. Đối với ba cụm khác trong mẫu của chúng tôi, T_{ew} và T_{sl} phù hợp trong các thanh sai số.

Khi khớp mô hình với phổ tia X, chúng ta sẽ xét các khoảng năng lượng khác nhau để kiểm tra các nhân tố thiết lập mối quan hệ giữa khoảng năng lượng được xét với khối lượng cụm. Chúng tôi thấy một xu hướng biến thiên nhỏ, trong đó cụm càng lớn sẽ đòi hỏi năng lượng cắt cao hơn nhưng chúng ta cần mẫu cụm lớn hơn để xác định sự phụ thuộc này. Ở đây qua quan sát các bản đồ nhiệt độ và biên dạng nhiệt độ chúng ta thấy ICM không đẳng nhiệt. Xét đến biên dạng nhiệt độ trong quá trình phân tích sẽ cho chúng ta mô tả thực tế hơn về điều kiện nhiệt của các

about the physics going on in the ICM.

Chapter 8: Cluster Mass : This chapter presents the computed cluster masses obtained by combining the results from the spectral and the image analysis. Here the results from the observations are compared to the values obtained from the simulations.

8.1 Total mass: By comparing the results from our virtual observation to the data from the simulations, the applicability and accuracy of the assumption of hydrostatic equilibrium to derive the cluster mass can be tested. Assuming spherical symmetry and hydrostatic equilibrium of the X-ray emitting gas, the total cluster mass inside a radius R can then be calculated. The masses of X-ray emitting gas and the total cluster mass for each cluster were calculated considering the cluster outer radius R_{500} , which is the radius containing a cluster mean density equal to 500 times the critical density of the Universe. Equation 3.3 takes the form, Here M_{500} is the total cluster mass within radius R_{500} and r is the projected radius. In real observations it is not possible to know the precise value of R_{500} , it has to be inferred from models of the density profile and cluster scaling relations such as luminosity and temperature [38, 64].

Here the gas is considered as a fully ionized plasma, with mean molecular weight $\mu = 0.6$. It is assumed that the intra-cluster medium is isothermal. Under this assumption, the temperature profiles were not considered, and

cluster, cung cấp thông tin về quá trình vật lý diễn ra trong ICM.

Chương 8: Khối lượng cụm: Chương này trình bày khối lượng cụm được tính toán bằng cách kết hợp các kết quả từ phân tích phổ và phân tích ảnh. Ở đây, các kết quả trong quá trình quan sát được so sánh với các giá trị ghi nhận được trong quá trình mô phỏng.

8.1 Tổng khối lượng: Thông qua so sánh các kết quả quan sát của chúng tôi với dữ liệu từ mô phỏng, có thể kiểm tra được khả năng áp dụng và độ chính xác của giả thuyết cân bằng thủy tĩnh để rút ra khối lượng cụm. Giả sử đối xứng cầu và cân bằng thủy tĩnh của khí phát xạ tia X, thế thì chúng ta có thể tính được tổng khối lượng cụm bên trong bán kính R . Khối lượng của khí phát xạ tia X và tổng khối lượng cụm đối với mỗi cụm được tính bằng cách tích phân khối lượng bên ngoài cụm R_{500} , đây là bán kính chứa mật độ trung bình cụm bằng 500 lần mật độ tới hạn của Vũ trụ. Phương trình 3.3 có dạng, Ở đây M_{500} là tổng khối lượng cụm trong bán kính R_{500} và r là bán kính chiếu. Trong những quan sát thực tế, chúng ta có thể biết được giá trị chính xác của R_{500} , nó phải được suy ra từ các mô hình biên dạng mật độ và các hệ thức tỷ lệ cụm chẳng hạn như độ sáng và nhiệt độ [38, 64].

ở đây khối khí được xem là plasma ion hóa hoàn toàn, có trọng lượng phân tử trung bình $\mu = 0.6$. Chúng ta giả sử rằng môi trường bên trong cụm đẳng nhiệt. Theo giả thiết này, chúng ta sẽ không xét biên dạng nhiệt độ, và phương trình

Equation 8.1 becomes,

The density profile of the gas, ($d \ln \text{gas} = \ln r$), is estimated by fitting a model to the X-ray surface brightness profile. From the best-fit parameters, and the core radius R_c are obtained. These values are used to determine the density profile,

To compute the cluster total mass a temperature is needed. For that the average temperature obtained from the spectral fitting is used. The masses were calculated considering the temperatures obtained by fitting the X-ray spectrum considering different energy ranges. Figure 8.1 presents the results for each cluster. Here the results obtained for the three orthogonal views are presented and can be compared to the real cluster mass obtained from the simulations. The results obtained for different views of the clusters are not the same since the parameters derived from the X-ray spectral analysis and X-ray brightness profiles for different views also differ. Table 8.1 presents the best results obtained for the clusters total masses. For the most massive cluster, 5726, the computed masses are much lower than the mass obtained directly from the simulations. This mismatch is due to the presence of structures, lack of symmetry and thermal inhomogeneity. The observed temperature, T_{spec} is significantly lower than the emission weighted temperature obtained from the simulations for this cluster, which results in a lower total mass, since the mass is proportional to the temperature.

8.1 chuyển thành

Biên dạng mật độ của khí, ($d \ln \text{gas} = \ln r$), được tính bằng cách khớp mô hình với biên dạng độ sáng bề mặt tia X. Từ các tham số khớp tốt nhất, và chúng ta tính được bán kính lõi R_c . Những giá trị này được sử dụng để xác định biên dạng mật độ

Để tính tổng khối lượng cụm cần có nhiệt độ. Để làm điều này, chúng ta sử dụng nhiệt độ trung bình thu được từ quá trình khớp phổ. Khối lượng được xác định bằng cách xét nhiệt độ thu được bằng cách khớp phổ tia X xét các khoảng năng lượng khác nhau. Hình 8.1 biểu diễn kết quả của mỗi cụm. Ở đây chúng tôi biểu diễn kết quả thu được ứng với ba góc nhìn khác nhau và so sánh với khối lượng thực thu được thông qua mô phỏng. Kết quả thu được ứng với các góc nhìn khác nhau của các cụm không giống nhau bởi vì các tham số được rút ra từ phân tích phổ tia X và biên dạng độ sáng tia X ứng với các góc nhìn khác nhau cũng khác nhau. Bảng 8.1 biểu diễn kết quả tổng khối lượng cụm tốt nhất đã tính được. Đối với cụm lớn nhất, 5726, khối lượng tính toán được nhỏ hơn nhiều khối lượng thu được trực tiếp từ mô phỏng. Sự chênh lệch này là do sự hiện diện của các cấu trúc thiếu đối xứng và không đồng nhất về nhiệt. Nhiệt độ quan sát được T_{spec} thấp hơn đáng kể so với nhiệt độ trọng số phát xạ thu được từ các mô phỏng đối với cụm này, dẫn đến tổng khối lượng thấp hơn, bởi vì khối lượng tỷ lệ với nhiệt độ. Bảng đồ nhiệt độ của cụm 5726 xuất ra

The temperature maps of cluster 5726 extracted from the simulations show a highly thermally inhomogeneous ICM. The assumption of isothermality is not satisfying for this cluster and indicates that the cluster total mass is dependent on the temperature profile. For cluster 00010, the results obtained are the ones that best reproduce the real cluster mass. The mismatch between the values obtained for different views is smaller than the ones obtained for the other clusters. This cluster appears to be spherically symmetric and does not present structures like cluster 5726 does. To consider the temperature profiles may improve the results making the assumption of hydrostatic equilibrium robust for this system. Clusters 25174 and 21926 present both good mass estimations for two out of three views. This is directly connected to the temperature value obtained from the spectral analysis. For both clusters the larger errors in the masses are basically the propagation of the temperature error since from Equation 8.2, considered for the calculation, the mass is proportional to the temperature. To consider temperature profiles may improve the results but here the lack of symmetry due to thermal inhomogeneity of the gas seems to be the main reason for the mismatch observed. Another source of error for the mass values comes from the fitting of a single model to the X-ray surface brightness profile. Alternative methods, e.g. using a double model to fit the observed profile, may improve the results. Concerning the energy ranges in

từ mô phỏng cho thấy độ bất đồng đều nhiệt độ cao ICM. Giả thuyết đẳng nhiệt không thỏa mãn đối với cụm này và cho thấy rằng tổng khối lượng cụm phụ thuộc vào biên dạng nhiệt độ. Đối với cụm 00010, kết quả thu được là những kết quả có thể tạo lại khối lượng cụm thực tốt nhất. Độ chênh lệch giá trị ứng với các góc nhìn khác nhau nhỏ hơn độ chênh lệch đối với các cụm khác. Có vẻ như cụm này đối xứng cầu và không thể hiện cấu trúc giống như cụm 5726.

Đề xét biên dạng nhiệt độ có thể cải thiện các kết quả, giả sử cân bằng thủy tĩnh bền vững đối với hệ này. Các cụm 25174 và 21926 đều có ước lượng khối lượng tốt ở cả hai trong ba góc nhìn. Điều này có liên quan trực tiếp đến nhiệt độ ghi nhận được trong phân tích phổ. Đối với cả hai cụm, sai số lớn của khối lượng về cơ bản là sự truyền sai số nhiệt độ bởi vì từ Phương trình 8.2, được xét trong tính toán, khối lượng tỷ lệ với nhiệt độ.

Xét biên dạng nhiệt độ có thể cải thiện kết quả nhưng ở đây thiếu sự đối xứng do sự không đồng nhất về nhiệt của khí dường như là lý do chính gây nên sự chênh lệch. Những nguồn khác dẫn đến sai số khối lượng là sự khớp một mô hình duy nhất với biên dạng độ sáng bề mặt tia X. Những phương pháp khác chẳng hạn như dùng mô hình kép để khớp biên dạng quan sát có thể cải thiện kết quả. Về các khoảng năng lượng

the spectral t, even though it seems that the most massive cluster would require a higher energy cut to reproduce better the real cluster mass, no definitive picture relating the energy cuts to the clusters masses can be defined from our sample. In this way a universal cut value at 1.0 keV was considered for the further analysis

8.2 Gas mass and gas mass fraction: To determine the mass of the hot X-ray emitting gas, the density profile given by Equation 3.5 is integrated over the volume of the cluster within radius R500, Figure 8.1: Total cluster masses considering different energy cuts for the X-ray spectral t. The solid line represents the real cluster mass obtained directly from the simulations. The dashed lines represent the masses within 10% error. For cluster 5726, the colored dashed line represents the mass within 20% error. The table presents the emission weighted temperatures, T_{ew} , and the clusters total masses, M_{sim} , obtained from the simulations, the average temperatures, T_{spec} , obtained by fitting a model to the X-ray spectra considering the energy cut at 1 keV, the computed clusters total masses within R500, together with the error between simulation and observation, $Error_{mass}$. The values of θ and R_c are obtained from fitting a model to the X-ray surface brightness profile, while θ_0 is computed from the normalization parameter obtained by fitting a model to the X-ray spectrum, as described in Chapter 6. The gas mass computed for each data is

trong quá trình khớp phổ, cho dù dường như là cụm lớn nhất sẽ cần năng lượng cắt cao hơn để tạo lại khối lượng cụm thực tốt hơn, chưa có viễn cảnh nào cho thấy được mối quan hệ giữa năng lượng cắt với các khối lượng cụm được định nghĩa từ mẫu của chúng tôi. Bằng cách này, giá trị cắt phổ biến 1.0 keV được xét trong quá trình phân tích tiếp theo.

8.2 Khối lượng khí và tỷ lệ khối lượng khí: Để xác định khối lượng của khí phát xạ tia X nóng, chúng ta lấy tích phân biên dạng mật độ trong Phương trình 3.5 trên thể tích cụm trong bán kính R500, Hình 8.1: Tổng khối lượng cụm xét các năng lượng cắt khác nhau trong quá trình khớp phổ tia X. Đường liền nét biểu diễn khối lượng thực của cụm thu được qua các mô phỏng. Đường nét đứt biểu diễn các khối lượng với sai số 10%. Đối với cụm 5726, đường nét đứt có màu biểu diễn khối lượng sai số 20%. Bảng biểu diễn nhiệt độ trọng số phát xạ T_{ew} , và tổng khối lượng các cụm M_{sim} , thu được từ các mô phỏng, các nhiệt độ trung bình T_{spec} , thu được bằng cách khớp mô hình với phổ tia X xét năng lượng cắt 1 keV, tổng khối lượng cụm được tính toán bên trong R500, cùng với sai số giữa mô phỏng và quan sát, $Error_{mass}$. Giá trị của θ và R_c thu được bằng cách khớp mô hình với biên dạng độ sáng bề mặt, trong khi θ_0 được tính từ tham số chuẩn hóa thu được bằng cách khớp mô hình với phổ tia X theo mô tả trong Chương 6. Khối lượng khí được tính cho mỗi dữ liệu được trình bày trong Bảng 8.2.

presented in Table 8.2. For the most massive cluster, 5726, the results obtained for the gas mass reproduce the values extracted from the simulations better than the values of the total cluster mass. This happens because the temperature profiles are not needed when calculating the mass of the gas. To not consider the temperature profiles has an impact in the total cluster mass but it doesn't interfere with the computed values of the gas mass. The main source of error in the determination of the gas mass comes from the normalization parameter in the spectral fit. This parameter is used to compute the gas density. This table presents the values of the gas masses extracted from the simulations, $M_{\text{gas, sim}}$, and the computed values from the observations, $M_{\text{gas, obs}}$, together with the error between the two quantities, $\text{Error}_{\text{gas}}$. This table presents the results of the gas mass fractions considering the clusters total masses and gas masses extracted from the simulations, $f_{\text{gas, sim}}$, and the masses computed from the X-ray analysis, $f_{\text{gas, obs}}$.

In this way, the errors obtained in the gas mass come from fitting a single temperature model to the spectrum of a thermally inhomogeneous gas. The gas mass fractions, $f_{\text{gas, obs}} = M_{\text{gas, obs}} / M_{500}$, were calculated and are presented in Table 8.2 along with the associated errors obtained from standard error analysis. The parameters derived from the X-ray study of the galaxy clusters used to compute the cluster total mass and the gas mass are the

Đối với cụm lớn nhất, 5726, kết quả khối lượng khí sẽ tạo lại các giá trị rút ra từ mô phỏng tốt hơn các giá trị tổng khối lượng cụm. Nguyên nhân là vì biên dạng nhiệt độ không cần thiết khi tính toán khối lượng khí. Không xét biên dạng nhiệt độ có tác động đến tổng khối lượng cụm nhưng không ảnh hưởng đến các giá trị khối lượng khí tính được. Nguồn gây sai số trong việc xác định khối lượng khí là tham số chuẩn hóa trong quá trình khớp phổ. Tham số này được dùng trong quá trình tính toán khối lượng riêng khí. Bảng này biểu diễn các giá trị khối lượng khí rút ra từ mô phỏng $M_{\text{gas, sim}}$, và các giá trị tính từ quan sát $M_{\text{gas, obs}}$, cùng với sai số giữa hai đại lượng $\text{Error}_{\text{gas}}$. Bảng này biểu diễn kết quả tỷ lệ khối lượng khí xét tổng khối lượng các cụm và khối lượng khí rút ra từ mô phỏng $f_{\text{gas, sim}}$, và khối lượng được tính từ phân tích tia X, $f_{\text{gas, obs}}$.

Bằng cách này, các sai số của khối lượng khí là do quá trình khớp mô hình nhiệt độ với phổ của khí có nhiệt độ không đồng nhất. Tỷ lệ khối lượng khí, $f_{\text{gas, obs}} = M_{\text{gas, obs}} / M_{500}$, được tính và được biểu diễn trong Bảng 8.2 cùng với các sai số tương ứng thu được từ phân tích sai số tiêu chuẩn. Các tham số rút ra từ nghiên cứu tia X của các cụm thiên hà được dùng để tính tổng khối lượng của cụm và khối lượng khí giống nhau. Với cách này, chúng ta hi

same. In this way it would be expected that the discrepancies in the gas mass fraction to be smaller since the same error propagated to the cluster total mass is also propagated to the gas mass. Here again the temperature profiles, that were not considered in the derivation of the cluster total mass, could improve the agreement between the gas mass fractions obtained from the simulations and the ones obtained from observations.

Chapter 9: Mass-Temperature Relation

The purpose of this Chapter is to present and discuss how the masses of the clusters used in this study scale with their observed average temperatures, comparing the results obtained to theoretical predictions and previous studies.

9.1 Power law: The application of clusters of galaxies to derive cosmological parameters rely on the scaling relations between the clusters observables and the total mass. The study of mass-temperature relation provide the link between the hot intra-cluster gas and the total cluster mass. To investigate the mass-temperature relation in our cluster sample, the average spectroscopic temperatures, T_{spec} , were used. These were obtained by fitting of an isothermal model to the X-ray spectra considering the energy range 1.0 to 10.0 keV. The total masses of the clusters were computed under the assumption of hydrostatic equilibrium, spherical symmetry and isothermality of the intra-cluster medium within a radius R_{500} .

vọng rằng độ chênh lệch tỷ lệ khối lượng khí nhỏ hơn bởi vì sai số tương tự truyền cho tổng khối lượng cũng được truyền cho khối lượng khí. Ở đây, một lần nữa, biên dạng nhiệt độ (được xét trong quá trình rút ra tổng khối lượng cụm) có thể cải thiện độ khớp giữa các tỷ lệ khối lượng khí thu được từ mô phỏng và từ quá trình quan sát trong thực nghiệm.

Chương 9: Hệ thức khối lượng-nhiệt độ
Mục đích của chương này là trình bày và thảo luận cách thức khối lượng của các cụm tỷ lệ với nhiệt độ trung bình quan sát được, so sánh các kết quả thu được với dự đoán lý thuyết và các nghiên cứu trước đây.

9.1 Khớp định luật lũy thừa: Việc áp dụng các cụm thiên hà để suy ra các tham số vũ trụ học phụ thuộc vào các **hệ thức tỷ lệ** giữa các cụm quan sát và **tổng khối lượng**. Nghiên cứu **mối quan hệ khối lượng – nhiệt độ** có thể **sẽ cho chúng ta biết** mối quan hệ giữa khí nóng bên trong cụm và tổng khối lượng cụm. Để nghiên cứu mối quan hệ giữa nhiệt độ và khối lượng trong cụm mẫu, chúng tôi sử dụng **các nhiệt độ quang phổ** trung bình, T_{Spec} . Kết quả này thu được **thông qua khớp** mô hình đẳng nhiệt với phổ **tia X**, cố định **mức** năng lượng trong khoảng 1.0 đến 10.0 keV. Tổng khối lượng các cụm được **tính** dựa trên giả thiết cân bằng thủy tĩnh, **đối xứng cầu** và tính đẳng nhiệt của **môi trường trong cụm** với bán kính R_{500} .

To check how the cluster mass scales with the average temperature, the mass-temperature relation obtained considering the 12 data sets was fitted with a power law of the form,

Here A and α are the parameters that will vary to produce the best fit to the observed data. For the sample used in this study, the best-fit parameters are $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ and $A =$

Figure 9.1 presents the mass-temperature relation of the sample analyzed, and the fitted power law. The scatter in the mass estimation with respect to the true cluster mass obtained from the simulations was computed for this sample and is $\sigma_{mass} = 0.36$, most of which is due to the massive cluster 5726, which presents the largest discrepancies between the observed and simulated masses.

The scatter obtained for the mass-temperature relation is $\sigma_{mass} = 0.22$. The scatter of the mass-temperature relation is an indicator of how well the temperature can be used as an estimator of the total mass.

Figure 9.1: The mass-temperature relation of our cluster sample. Here the red line represents the power law fitted to the results obtained for the 12 data sets. In black it is included the real masses and their respective emission-weighted temperatures obtained from the

Để kiểm tra cách thức thay đổi của cụm theo nhiệt độ trung bình, chúng tôi tìm hệ thức khối lượng-nhiệt độ trên 12 tập dữ liệu được khớp theo định luật lũy thừa có công thức sau,

$$M_{500} = A \left[\frac{T_{spec}}{1 \text{ keV}} \right]^\alpha .$$

Ở đây A và α là các tham số thay đổi để tạo ra khớp tốt nhất cho dữ liệu quan sát. Đối với mẫu trong nghiên cứu này, các giá trị khớp tốt nhất là $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ và $A = (2.47 \pm 0.32) \times 10^{13} M_\odot$.

Hình 9.1 biểu diễn mối quan hệ giữa khối lượng và nhiệt độ của mẫu nghiên cứu, và định luật hàm mũ được khớp. Chúng tôi tính toán sự phân tán khối lượng so với khối lượng thực sự của cụm trong mẫu này thông qua mô phỏng và ra được $\sigma_{mass} = 0.36$, phần lớn là do các cụm lớn 5726, thể hiện sự chênh lệch lớn nhất giữa các khối lượng quan sát và mô phỏng.

Độ phân tán của hệ thức khối lượng - nhiệt độ là. Độ phân tán trong hệ thức khối lượng-nhiệt độ là một chỉ số cho thấy hiệu quả ước lượng tổng khối lượng dựa trên nhiệt độ.

Hình 9.1: Mối quan hệ nhiệt độ - khối lượng trong cụm mẫu. Đường thẳng màu đỏ biểu diễn định luật hàm mũ được khớp với các kết quả của 12 cụm dữ liệu. Trong đường Màu đen, chúng tôi gộp vào khối lượng thực và nhiệt độ trung số phát xạ từ các mô phỏng. Quá

simulations. The power law t was performed considering only the observed masses. We obtain a slope = 1.74 ± 0.04 , which is steeper than the predicted by the self-similar models

The mass-temperature relation depends on the assumptions used in deriving the total masses of the clusters and how the average temperature is defined [65]. A good mass estimation is crucial for using this relation to derive cosmological parameters from galaxy clusters. The sources of errors and biases in the derivation of the total masses of and average temperatures are discussed in Chapters 7 and 8. These come mainly from departure of hydrostatic equilibrium, non-isothermality of the intra-cluster medium and systematic errors in the derived average temperatures. The errors in the temperatures will produce errors in the computed total masses. However, these errors should not interfere with the mass-temperature relation.

9.2 Comparing results: A tight correlation between the temperature of the intra-cluster medium and the total cluster mass is expected on theoretical grounds. Numerical calculations of structure formation based solely on gravitation make predictions on the scaling laws in galaxy clusters. It is expected that clusters of different sizes to be a scaled version of each other as long as gravity is the only process in act. For the standard self-similar model, the total cluster mass scales with the temperature

trình khớp định luật hàm mũ được thực hiện bằng cách chỉ xét các khối lượng được quan sát. Chúng tôi thu được hệ số góc $\alpha = 1.74 \pm 0.04$, dốc hơn dự đoán từ các mô hình tự tương đồng.

Hệ thức khối lượng-nhiệt độ phụ thuộc vào các giả thiết được sử dụng để rút ra tổng khối lượng của các cụm và cách xác định nhiệt độ trung bình [65]. Ước lượng khối lượng tốt rất quan trọng để có thể áp dụng hệ thức này để suy ra các tham số vũ trụ học từ các cụm thiên hà. Các nguồn gốc gây sai số và chênh lệch trong quá trình xác định tổng khối lượng và nhiệt độ trung bình đã được thảo luận trong chương 7 và 8. Các sai sót này chủ yếu bắt nguồn từ việc mất cân bằng thủy tĩnh, môi trường bên trong cụm không đẳng nhiệt và sai số hệ thống trong quá trình tính toán nhiệt độ trung bình. Sai số trong quá trình xác định nhiệt độ có thể tạo ra sai số trong tính toán tổng khối lượng. Tuy vậy, chúng không ảnh hưởng đến hệ thức khối lượng-nhiệt độ.

9.2 So sánh các kết quả
Mối tương quan chặt chẽ giữa nhiệt độ của vật chất bên trong cụm thiên hà với tổng khối lượng của cụm được dự đoán trên nền tảng lý thuyết. Tính toán số về sự hình thành cấu trúc chỉ dựa trên lực hấp dẫn để đưa ra các phỏng đoán về các định luật tỷ lệ của các cụm thiên hà. Người ta dự đoán rằng các cụm thiên hà có kích cỡ khác nhau là các phiên bản tỷ lệ của nhau khi lực hấp dẫn là yếu tố tác động duy nhất. Với mô hình tự đồng dạng chuẩn, tổng khối

as $M / T^3 = 2$.

The prediction from the simulations has been tested by observational results and disagreements have been found concerning the predicted slope. In previous studies, [66] derived a slope of $\alpha = 1.51 \pm 0.27$ consistent to the self-similar prediction for a set of very hot massive clusters ($T \geq 5$ keV), [9] found a slope consistent with the self-similar model for a sub sample containing clusters with temperature $T \geq 3$ keV, [67] found a slope in agreement with the self-similar model for a sample including also low temperature systems if the gas temperatures are measured excluding the central core regions. The slope of $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ computed in this study is steeper than the predicted by the self-similar model, but agrees with the results obtained by [40, 39, 69], which consider a cluster sample also including low temperature systems. The derived slope also agrees with the results obtained by [9], which obtain a slope of $\alpha = 1.70 \pm 0.07$ when using the complete sample, including the low temperature clusters, for the derivation of the mass-temperature slope. The steeper slope in the mass-temperature relation may suggest that other processes than gravitational collapse play a role in the heating of the intra-cluster medium.

As presented above, it is still unclear whether the total cluster mass scales

of the cluster mass scales with temperature according to the **equation** $M / T^3 = 2$.

Our prediction from the simulations has been tested by observational results and disagreements have been found concerning the predicted slope. In previous studies, [66] derived a slope of $\alpha = 1.51 \pm 0.27$ consistent to the self-similar prediction for a set of very hot massive clusters ($T \geq 5$ keV), [9] found a slope consistent with the self-similar model for a sub sample containing clusters with temperature $T \geq 3$ keV, [67] found a slope in agreement with the self-similar model for a sample including also low temperature systems if the gas temperatures are measured excluding the central core regions. The slope of $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ computed in this study is steeper than the predicted by the self-similar model, but agrees with the results obtained by [40, 39, 69], which consider a cluster sample also including low temperature systems. The derived slope also agrees with the results obtained by [9], which obtain a slope of $\alpha = 1.70 \pm 0.07$ when using the complete sample, including the low temperature clusters, for the derivation of the mass-temperature slope. The steeper slope in the mass-temperature relation may suggest that other processes than gravitational collapse play a role in the heating of the intra-cluster medium.

The prediction from the simulations has been tested by observational results and disagreements have been found concerning the predicted slope. In previous studies, [66] derived a slope of $\alpha = 1.51 \pm 0.27$ consistent to the self-similar prediction for a set of very hot massive clusters ($T \geq 5$ keV), [9] found a slope consistent with the self-similar model for a sub sample containing clusters with temperature $T \geq 3$ keV, [67] found a slope in agreement with the self-similar model for a sample including also low temperature systems if the gas temperatures are measured excluding the central core regions. The slope of $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ computed in this study is steeper than the predicted by the self-similar model, but agrees with the results obtained by [40, 39, 69], which consider a cluster sample also including low temperature systems. The derived slope also agrees with the results obtained by [9], which obtain a slope of $\alpha = 1.70 \pm 0.07$ when using the complete sample, including the low temperature clusters, for the derivation of the mass-temperature slope. The steeper slope in the mass-temperature relation may suggest that other processes than gravitational collapse play a role in the heating of the intra-cluster medium.

The prediction from the simulations has been tested by observational results and disagreements have been found concerning the predicted slope. In previous studies, [66] derived a slope of $\alpha = 1.51 \pm 0.27$ consistent to the self-similar prediction for a set of very hot massive clusters ($T \geq 5$ keV), [9] found a slope consistent with the self-similar model for a sub sample containing clusters with temperature $T \geq 3$ keV, [67] found a slope in agreement with the self-similar model for a sample including also low temperature systems if the gas temperatures are measured excluding the central core regions. The slope of $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ computed in this study is steeper than the predicted by the self-similar model, but agrees with the results obtained by [40, 39, 69], which consider a cluster sample also including low temperature systems. The derived slope also agrees with the results obtained by [9], which obtain a slope of $\alpha = 1.70 \pm 0.07$ when using the complete sample, including the low temperature clusters, for the derivation of the mass-temperature slope. The steeper slope in the mass-temperature relation may suggest that other processes than gravitational collapse play a role in the heating of the intra-cluster medium.

As presented above, it is still unclear whether the total cluster mass scales

with the temperature as predicted by the self-similar models or if this relation is true only for high temperature systems. Two out of the four clusters analyzed in this study have temperature $T_{\text{spec}} \leq 3$ keV, and here we reproduce the steeper slope observed by previous studies including low temperature clusters. A sample containing a wide range of temperatures should provide clarification of this matter.

Another remark is that the cluster samples analyzed in most of the previous studies on mass-temperature relation are made of relaxed clusters, which represent only a fraction of the total cluster population. This biases the sample. A study of larger, unbiased sample, is necessary to determine a definitive picture of the mass-temperature relation.

Chapter 10: Summary This thesis reports the results obtained from the XMM-Newton virtual observation of simulated galaxy clusters. Systematics that affect the cluster total mass measurements from X-ray studies and the relation between the cluster total mass and temperature were investigated by using simulated galaxy clusters observed by the simulator of the XMM-Newton Observatory, SciSim [54]. The aim was to produce realistic simulated event files that are processed and analyzed in the same way that is done

lượng của cụm thiên hà tỷ lệ với nhiệt độ theo dự đoán của các mô hình tự tương đồng hay hệ thức này chỉ đúng với những hệ có nhiệt độ cao $T_{\text{spec}} \leq 3$ keV, và ở đây chúng tôi cũng thu được hệ số góc lớn hơn như những nghiên cứu trước đây về các cụm thiên hà nhiệt độ thấp. Một mô hình thử nghiệm bao gồm một dải nhiệt rộng sẽ làm sáng tỏ điều này.

Một điểm cần lưu ý là các mẫu cụm thiên hà thử nghiệm phân tích trong những nghiên cứu trước đây về mối tương quan giữa khối lượng và nhiệt độ được tiến hành dựa trên những cụm thiên hà rời rạc, những cụm này chỉ thể hiện được một phần nhỏ của toàn bộ các cụm thiên hà. Điều này làm sai lệch mẫu thử. Một nghiên cứu rộng hơn, với mẫu thử không bị sai lệch, là cần thiết để xác định một bức tranh đáng tin cậy hơn về mối tương quan của khối lượng và nhiệt độ.

Chương 10: Tổng kết Luận văn này báo cáo các kết quả thu được từ quan sát thực tế từ thiết bị quan sát quỹ đạo bằng tia X (XMM-Newton) của các cụm thiên hà được mô phỏng. Các hệ thống ảnh hưởng đến các phép đo tổng khối lượng cụm từ các nghiên cứu tia X và mối liên quan giữa tổng khối lượng cụm và nhiệt độ đã được nghiên cứu bằng cách sử dụng các cụm thiên hà mô phỏng quan sát được thông qua thiết bị mô phỏng của Đài Thiên Văn XMM-Newton [54]. Mục đích là tạo ra các tập tin sự kiện được mô phỏng thực

with real observed clusters, to test for biases in the determination of the total masses of the clusters and in the mass-temperature relation. A sample was selected containing four simulated galaxy clusters of different masses, extracted from a hydrodynamic simulation using the cosmological code GADGET-2. The same methods of data reduction and analysis were applied on the four galaxy clusters. A pipeline that enabled us to read the data from the simulation and prepare it to be observed by SciSim was used. Each cluster was observed from three orthogonal views in order to test for inhomogeneities and lack of spherical symmetry. That makes up 12 data sets that were reduced and analyzed independently. For all procedures in the data reduction and analysis the clusters radius at R500 was considered. This is the radius enclosing a mean cluster density equivalent to 500 times the critical density. From the virtual X-ray observations the average temperature of the cluster was determined. The results were compared to the emission-weighted temperatures and spectroscopic-like temperatures obtained from the simulations. It was found that the fit of a single temperature model to the observed X-ray spectrum leads to a discrepancy between the emission-weighted temperatures and the observed average temperatures of up to 50%. It was observed that the spectroscopic-like temperature is systematically lower than the emission-weighted temperature and that the difference between the two temperatures is

đã được xử lý và phân tích theo cách giống như đã được thực hiện với các cụm đã được quan sát thực tế, để kiểm tra những sai lệch trong quá trình xác định tổng khối lượng của các cụm và hệ thức nhiệt độ-khối lượng. Một mẫu đã được chọn chứa bốn cụm thiên hà mô phỏng với những khối lượng khác nhau, xuất ra từ mô phỏng thủy động lực bằng code vũ trụ GADGET-2. Những phương pháp rút gọn và phân tích dữ liệu tương tự cũng được áp dụng trên bốn cụm thiên hà. Một pipeline (cấu trúc đường ống) cho phép chúng ta đọc dữ liệu từ mô phỏng và chuẩn bị quan sát nó bằng SciSim. Mỗi cụm được quan sát từ ba góc nhìn vuông góc để kiểm tra sự không đồng nhất và thiếu đối xứng cầu. Điều đó làm cho 12 bộ dữ liệu được giảm và phân tích một cách độc lập. Đối với tất cả các quy trình trong việc rút giảm và phân tích dữ liệu, chúng ta xét bán kính các cụm tại R500. Đây là bán kính bao mật độ cụm trung bình tương đương 500 lần mật độ tới hạn. Từ những quan sát tia X thực tế, chúng ta có thể xác định được nhiệt độ trung bình của cụm. Các kết quả được so sánh với nhiệt độ trọng lượng phát xạ và nhiệt độ quang phổ thu được từ mô phỏng. Qua đó ta thấy việc khớp mô hình nhiệt độ đơn với phổ tia X dẫn đến sự chênh lệch giữa nhiệt độ trọng số phát xạ và nhiệt độ trung bình quan sát được lên đến 50%. Đồng thời nhiệt độ quang phổ thấp hơn một cách có hệ thống so với nhiệt độ trọng số phát xạ và sự chênh lệch giữa hai nhiệt độ sẽ lớn nếu cụm có độ bất đồng đều nhiệt độ cao, phù

larger if the cluster presents high thermal complexity, agreeing with [60, 61, 62]. For the most massive cluster in our sample, a highly thermally inhomogeneous intra-cluster medium was identified. The mismatch between the emission-weighted temperature and the spectroscopic-like temperature is of 35% for this cluster. The emission-weighted temperature overestimates the observed average temperature while the spectroscopic-like temperature reproduces it within the error bars. To perform the fitting of a model to the observed spectrum, the lower energy part of the spectrum was discarded in order to check if it would improve the agreement between the observed temperatures and the emission-weighted temperatures. A mild trend that the energy cut in the photon spectrum appears to be dependent on the cluster mass was found, but analysis of a larger cluster sample is necessary to determine this dependence.

The X-ray images were used to extract the X-ray surface brightness profiles of each data set. A single model was fitted to the observed brightness profiles providing the necessary parameters to determine the density profiles of the clusters. For our sample, the X-ray surface brightness profiles are generally well fitted by the model if the most inner part of the cluster is excluded. The total masses of the clusters were calculated using the fitted temperatures and the density profiles obtained from the model. For that it was assumed hydrostatic equilibrium, spherical symmetry and

hợp với các công trình [60, 61, 62]. Đối với cụm lớn nhất trong mẫu của chúng tôi, môi trường bất đồng đều về nhiệt bên trong cụm được xác định. Sự chênh lệch giữa nhiệt độ phát xạ và nhiệt độ quang phổ là 35% đối với cụm này. **Nhiệt độ trọng số phát xạ** cao hơn nhiệt độ trung bình quan sát được trong khi **nhiệt độ quang phổ tái tạo lại nó trong các thanh sai số**. Để khớp mô hình với phổ quan sát được, phần năng lượng thấp của phổ bị loại bỏ để kiểm tra **xem nó giảm độ chênh lệch** giữa nhiệt độ quan sát được và **nhiệt độ trọng số phát xạ**. Chúng tôi phát hiện một xu hướng nhẹ trong đó **năng lượng cắt** trong phổ photon có vẻ phụ thuộc vào khối lượng của **cụm**, nhưng **cần phải phân tích mẫu cụm lớn hơn** để xác định rõ sự phụ thuộc này.

Các ảnh tia X được sử dụng để **trích xuất** biên dạng độ sáng bề mặt tia X của mỗi bộ dữ liệu. Một mô hình β **đơn nhất được khớp** với biên dạng độ sáng quan sát được cung cấp các tham số cần thiết để xác định biên dạng mật độ của các cụm. Đối với mẫu của chúng tôi, biên dạng độ sáng bề mặt của tia X thường **khớp tốt** với mô hình β nếu loại trừ phần trong cùng của cụm. Tổng khối lượng của các cụm được tính toán bằng cách sử dụng nhiệt độ và biên dạng mật độ **khớp** thu được từ **khớp** mô hình β . Để đạt được điều đó, **chúng tôi giả định** trạng thái cân bằng thủy tĩnh,

isothermality of the intra-cluster medium. The results indicate that the values of the clusters masses computed by assuming hydro-static equilibrium are dependent on the temperature profiles. The assumption of isothermality leads to errors in the mass determination of up to 43%, showing that the temperature profiles are necessary in deriving the cluster mass using the hydrostatic equilibrium equation. Other sources of error in the mass determination can come from departure of hydro-static equilibrium [9]. Simulations by [68] suggest that hydrostatic equilibrium assumption underestimates the total cluster mass. It is observed a underestimation of the cluster mass for the most massive cluster. The errors associated to the temperature are also relevant. These are related to the spectral type, including the uncertainties in the instrumental calibration. The total cluster mass derived from the hydrostatic equilibrium assumption is proportional to the temperature, in this way errors in the temperature would translate into errors in the total cluster mass. The gas masses of each cluster were calculated by integrating the density profiles over the volume of the cluster. For the most massive cluster, the gas masses derived from the X-ray observation and the simulated gas mass, agree better than the observed total mass and real mass. This better agreement may come from the fact that the temperature profile is not needed in the determination of the gas mass. With the computed clusters total masses and

tính đối xứng hình cầu và tính đẳng nhiệt của môi trường bên trong cụm. Kết quả cho thấy các giá trị khối lượng các cụm được tính **theo giả thuyết** cân bằng thủy tĩnh phụ thuộc vào biên dạng nhiệt độ. Giả thiết về tính đẳng nhiệt dẫn đến sai số trong việc xác định khối lượng lên tới 43%, điều này cho thấy biên dạng nhiệt độ cần thiết để tính được khối lượng cụm bằng cách sử dụng phương trình cân bằng thủy tĩnh. Các nguồn sai số khác trong việc xác định khối lượng có thể bắt nguồn từ độ lệch cân bằng thủy tĩnh [9]. Mô phỏng theo [68] cho thấy giả thiết cân bằng thủy tĩnh **xác định khối lượng cụm thấp hơn thực tế**. Theo quan sát thấy khối lượng cụm bị **tính thấp hơn so với thực tế** đối với đa số các cụm có khối lượng lớn. **Những** sai số nhiệt độ cũng có liên quan. **Những sai số này** có liên quan đến **quá trình khớp phổ**, bao gồm cả **những sai số** trong hiệu chỉnh dụng cụ. Tổng khối lượng cụm **rút ra** từ giả thiết cân bằng thủy tĩnh tỷ lệ với nhiệt độ, theo cách này, sai số nhiệt độ sẽ chuyển thành sai số tổng khối lượng cụm. Khối lượng khí của mỗi cụm được tính bằng cách **lấy tích phân** biên dạng mật độ trên **thể tích** cụm. Đối với cụm có khối lượng lớn nhất, khối lượng khí **rút ra** từ quan sát tia X và khối lượng khí mô phỏng có độ phù hợp với nhau cao hơn tổng khối lượng quan sát được và khối lượng thực. Độ phù hợp cao hơn này có thể **do việc** biên dạng nhiệt độ không cần thiết trong việc xác định khối lượng khí. **Khi đã có** tổng khối lượng cụm được tính toán và nhiệt độ quan sát, **chúng ta có**

observed temperatures it was possible to investigate the relation between these two quantities. A power law model of the form $M = A (kT = 1\text{keV})^\alpha$ was fitted to the mass-temperature relation. The best fit parameters obtained are $\alpha = 1.74 \pm 0.04$ and $A = (2.47 \pm 0.32) \cdot 10^{13} M_\odot$. The slope obtained in this analysis is steeper than the expected value of $\alpha = 1.5$ predicted by the self-similar model based on gravitation. However, it is consistent with previous work done by [9, 39, 40, 69] with samples including low temperature clusters ($kT \leq 3 \text{ keV}$). The scatter in the mass estimation with respect to the simulated mass is found to be $\delta_{\text{mass}} = 0.36$ and the scatter in the mass-temperature relation is $\delta_{m-t} = 0.22$.

Adding the results obtained in this thesis to previous studies on scaling relations, we find that a definitive value of the slope of the mass-temperature relation is still undetermined and dependent on extensive studies of large unbiased samples in order to clarify how the mass scales with the temperature. The high value of α may suggest the gravitational collapse is not the only process governing the heating of the gas trapped in the cluster potential well [70]. An important remark is that the mass-temperature relation depends on how well the total mass of the clusters can be constrained, and also on how the average cluster temperature is defined, since the intra-cluster medium is not isothermal. In this project the temperature profiles were not considered when calculating the total

thể nghiên cứu mối quan hệ giữa hai số đại lượng này. Mô hình định luật lũy thừa dạng $M = A (kT / 1\text{keV})^\alpha$ được khớp với hệ thức khối lượng-nhiệt độ. Các tham số khớp tốt nhất thu được là $\alpha = 1,74 \pm 0,04$ và $A = (2,47 \pm 0,32) \times 10^{13} M_\odot$. Hệ số góc thu được trong phân tích này lớn hơn giá trị dự kiến là $\alpha = 1,5$ được dự đoán theo mô hình tự tương đồng dựa trên lực hấp dẫn. Tuy nhiên, nó lại phù hợp với công trình nghiên cứu trước đây được thực hiện trong [9, 39, 40, 69] với các mẫu bao gồm các cụm nhiệt độ thấp ($kT \leq 3 \text{ keV}$). Độ phân tán trong ước tính khối lượng đối với khối lượng mô phỏng theo ghi nhận là khối lượng $\delta_{\text{mass}} = 0,36$ và độ phân tán trong hệ thức khối lượng-nhiệt độ là $\delta_{m-t} = 0,22$.

Bổ sung những kết quả thu được trong luận văn này vào những nghiên cứu trước đây về những hệ thức tỷ lệ, chúng tôi thấy rằng giá trị tương lai của hệ số góc của phương trình khối lượng-nhiệt độ vẫn chưa xác định và cần dựa trên nhiều nghiên cứu mở rộng trên một lượng lớn các mẫu đồng nhất để làm rõ cách thức khối lượng tỷ lệ với nhiệt độ. Giá trị α cao có lẽ cho chúng ta thấy rằng sự suy sụp hấp dẫn không phải là quá trình duy nhất chi phối sự tỏa nhiệt của khí chứa trong giếng thế của cụm thiên hà. Một lưu ý quan trọng là hệ thức khối lượng-nhiệt độ phụ thuộc vào mức giới hạn tổng khối lượng các cụm sao, cũng như phụ thuộc vào phương pháp xác định nhiệt độ trung bình của cụm thiên thể, do môi trường bên trong cụm thiên thể không đẳng nhiệt. Trong nghiên cứu này khi

cluster mass using the hydrostatic equilibrium assumption, and the temperatures were derived by fitting a model to the entire X-ray spectrum within radius R500 .

The temperature profiles would interfere significantly in the total cluster mass for systems presenting high thermal inhomogeneity, as is the case for the most massive cluster in our sample. The core of the clusters could also have been excluded and a thermal model fitting to the coreless X-ray spectra would exclude the thermal complexity that cool flows in the inner part of the cluster create. That could have an impact in the average temperature value. The errors coming from the temperature will produce errors in the value of the cluster total mass, however, they should not interfere in the results obtained for the mass-temperature relation. The natural continuation of this work will be to extend the methods applied in this thesis to a larger sample of clusters. This will provide a more realistic and relevant statistical analysis and put better constraints on the scaling laws governing the mass-temperature relation.

For a larger sample, the virtual observations will be performed with longer exposure times in order to get enough resolution to derive temperature profiles and consider in this way the non-isothermality of the intra-cluster medium. Another step would be to add a more realistic background including particle background and point sources to

compute the total cluster mass using the hydrostatic equilibrium assumption, and the temperatures were derived by fitting a model to the entire X-ray spectrum within radius R500 .

The temperature profiles would interfere significantly in the total cluster mass for systems presenting high thermal inhomogeneity, as is the case for the most massive cluster in our sample. The core of the clusters could also have been excluded and a thermal model fitting to the coreless X-ray spectra would exclude the thermal complexity that cool flows in the inner part of the cluster create. That could have an impact in the average temperature value. The errors coming from the temperature will produce errors in the value of the cluster total mass, however, they should not interfere in the results obtained for the mass-temperature relation. The natural continuation of this work will be to extend the methods applied in this thesis to a larger sample of clusters. This will provide a more realistic and relevant statistical analysis and put better constraints on the scaling laws governing the mass-temperature relation.

For a larger sample, the virtual observations will be performed with longer exposure times in order to get enough resolution to derive temperature profiles and consider in this way the non-isothermality of the intra-cluster medium. Another step would be to add a more realistic background including particle background and point sources to

compute the total cluster mass using the hydrostatic equilibrium assumption, and the temperatures were derived by fitting a model to the entire X-ray spectrum within radius R500 .

also test for bias on the background subtractions.

trừ nền có bị chệch không.