

## Կարծիք

### Անահիտ Լյովայի Սամսոնյանի

**«Փոշով հարուստ աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների և ակտիվ գալակտիկական միջուկների ուսումնասիրություն ենթակարմիր [CII] 158 մկմ առաքման գծի միջոցով»** (“Investigation of the dusty Starburst galaxies and Active Galactic Nuclei through the infrared [CII] 158  $\mu\text{m}$  emission line”)

թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ

### Թեմայի արդիականությունը

Ենթակարմիր աստղագիտությունը բեկումնային հնարավորություններ է ընձեռում ուսումնասիրելու ակտիվ գալակտիկական միջուկների (ԱԳՄ, Active Galactic Nuclei – AGN), աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների (Starburst galaxies – SB), ինչպես նաև՝ գալակտիկաներում աստղերի ձևավորման գործընթացները: Ենթակարմիր տիրույթում ընկնում է ակտիվ գալակտիկաների ճառագայթման էներգետիկական իմաստով ամենամեծ բաժինը: Միջին և հեռու ենթակարմիր արգելված առաքման գծերի մանրամասն վերլուծությունները, ինչպիսիք են օրինակ՝ [CII] 158 մկմ, [NeII] 12.81 մկմ և [NeIII] 15.55 մկմ գծերը, ինչպես նաև՝ որոշ մոլեկուլային գծեր, որոնք թույլ են տալիս դասակարգել ԱԳՄ-ներն ըստ ակտիվության տիպերի, թույլ են տալիս ընդգծել ենթակարմիր աստղագիտության կարևորությունը Տիեզերքի էվոլյուցիայի, աստղերի առաջացման և ձևավորման, ԱԳՄ-ների դերի և աստղառաջացման տեմպի գնահատականների կարևորությունը հասկանալու հարցում: Հետազոտությունն ուղղակիորեն անդրադառնում է փոշով հարուստ, կլանված աղբյուրների ուսումնասիրմանը և դասակարգմանը՝ օգտագործելով արագ զարգացող ենթակարմիր աստղագիտության դիտողական տվյալները, ինչպիսիք են՝ Սպիտցերի տիեզերական աստղադիտակի և Հերշելի տիեզերական աստղադիտարանի կողմից ստացված սպեկտրադիտական արդյունքները:

### Ատենախոսության համառոտ բովանդակությունը

Ատենախոսությունը բաղկացած է 6 գլխից, այդ թվում՝ Ներածություն (Գլուխ 1) և Եզրակացություններ (Գլուխ 6):

**1-ին գլխում** (Ներածություն) ներկայացված են ենթակարմիր ճառագայթների բնութագրերը, ինչ են դրանք և ինչու են այդքան կարևոր: Ինչպես նաև՝ ենթակարմիր ատոմական և առաքման իոնացված գծերի ընդհանուր բնութագրերը և դրանց միջոցով կատարված ուսումնասիրությունները: Նաև ներկայացված է Համբարձումյանի

ներդրումը ԱԳՄ-ների ուսումնասիրություններում: Այս գլխում բերված է նաև խնդրի դրվածքը:

**2-րդ գլխում** ներկայացված է [CII] 158 մկմ առաքման գծի լուսատվությունների չափումները, աղբյուրների ընտրությունը, դասակարգման մեթոդները և աստղառաջացման տեմպի գնահատականները այդ գծի միջոցով:

**3-րդ գլխում** ներառված են [CII] 158 մկմ գծի և միջին ենթակարմիր [NeII] 12.81 մկմ [NeIII] 15.55 մկմ գծերի հոսքերի համեմատությունները և դրանց առաջացման տիրույթների գնահատականները: Ներկայացված են նաև՝ աստղառաջացման տեմպի գնահատականների այլ մեթոդներ:

**4-րդ գլխում** ամփոփված է [CII] 158 մկմ գծի սպեկտրային մշակումները, տվյալների ամբողջական կատալոգի բնութագրությունը և տարբեր սպեկտրների համեմատման նրբությունները: Ներկայացված է Հերշելի տիեզերական աստղադիտարանի միջոցով դիտված [CII] 158 մկմ գծի և Սպիտցերի տիեզերական աստղադիտակից ստացված սպեկտրների վրա առկա տարբեր գծերի համեմատություններ և եզրակացություններ:

**5-րդ գլուխը** ներառում է [CII] 158 մկմ գծի պրոֆիլների դասակարգումը որպես՝ գառայան, հարթեցված և ասիմետրիկ տիպերի և դրանց տարօրինակ ձևի պատճառների գնահատականները: Համեմատվել են նաև [CII] 158 մկմ գծի կիսալայնությունները տարբեր ենթակարմիր լուսատվությունների հետ (հենց [CII] 158 մկմ, WISE H band 1.6 մկմ և 2MASS 22 մկմ)՝ հասկանալու համար, թե ո՞ր ֆիզիկական բնութագիրը կարող է պատասխանատու լինել [CII] 158 մկմ գծի պրոֆիլների լայնությունների առաջացման համար:

**6-րդ գլուխը** ամփոփում է ամբողջ աշխատանքը և համառոտ քննարկում կարևորագույն արդյունքները:

## **Գիտական արդյունքների հիմնավորվածության աստիճանը**

Աշխատանքում ներկայացված արդյունքները բխում են լայնածավալ դիտողական տվյալների ուսումնասիրությունից, հիմնավորված են այլ գիտնականների կողմից մինչ այժմ հաստատված չափորոշիչներով և ներառում են նաև համեմատություններ այլ արխիվային տվյալների հետ: Մինչ այժմ գիտնականների կողմից լայնորեն կիրառվող մեթոդների օգտագործումը և դրանց հավաստիությունը աշխատանքին բարձր գիտական արժեք է տալիս: Տարբեր մեթոդներով ստացված արդյունքների խաչաձև ստուգումն էլ ապահովում է աշխատանքի արդյունքների հուսալիությունը:

## Արդյունքների նորոյթը

Ատենախոսությունը նպաստում է աստղաֆիզիկայի ոլորտում նոր պատկերացումներին՝ հասցեագրելով մի քանի կարևոր խնդիրներ և ներկայացնելով արժեքավոր արդյունքներ ենթակարմիր աստղագիտության տարբեր ճյուղերում.

1. *Աստղառաջացման տեմպի (SFR: star formation rate) տրամաչափում՝ օգտագործելով [CII] 158 մկմ գծի լուսատվությունները:* Աշխատանքում ստացվել է աստղառաջացման տեմպի կայուն տրամաչափում, մասնավորապես՝ փոշոտ միջավայրերում, որտեղ աստղառաջացման տեմպը չափող մեզ հայտնի օպտիկական գծերը կլանվում են: Ատենախոսությունում ցույց է տրվում, որ [CII]-ի լուսատվությունը որոշակիորեն կախված է աստղառաջացման տեմպից հետևյալ կերպ՝  $\log(\text{SFR}) = \log L([\text{CII}]) - 7.0 \pm 0.2$  SFR-ի համար  $M_{\odot}$ -երով  $\text{yr}^{-1}$  և  $L([\text{CII}])$   $L_{\odot}$ -երով: Սա բեկումնային արդյունք է, հասկապես՝ մեծ կարմիր շեղում ունեցող հեռավոր գալակտիկաների ուսումնասիրության համար, որտեղ այլ ցուցանիշներն անհասանելի են:
2. *[CII] առաքման գծի և PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbon) մոլեկուլների միջև կորելացիա:* Ատենախոսությունը հաստատում է ամուր կորելացիա [CII]-ի հոսքերի և 6,2 մկմ և 11,3 մկմ PAH մոլեկուլների միջև այնպիսի կապ, որը թույլ է տալիս դասակարգել աղբյուրները ԱԳՄ-ների, բաղադրյալ աղբյուրների և աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների: Ըստ այս կորելացիայի՝ այն աղբյուրները, որոնց համար  $\text{EW}(6.2 \mu\text{m}) < 0.1 \mu\text{m}$ , դասակարգվում են որպես ԱԳՄ-ներ, այն աղբյուրները, որոնց համար  $0.1 \mu\text{m} < \text{EW}(6.2 \mu\text{m}) < 0.4 \mu\text{m}$ , դասակարգվում են որպես բաղադրյալ աղբյուրներ, իսկ այն դեպքում, երբ  $\text{EW}(6.2 \mu\text{m}) > 0.4 \mu\text{m}$ , այդ աղբյուրները դասակարգվում են որպես աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաներ:
3. *Փոշով հարուստ աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների և ԱԳՄ-ների միջավայրերի բնութագրեր:* Օբյեկտների մանրամասն սպեկտրալ վերլուծությունն ընդգծում է փոշոտ աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների տիրույթների և ԱԳՄ-ների միջավայրերի ֆիզիկական տարբերությունները: Ատենախոսությունը ներկայացնում է նոր պատկերացումներ սիլիկատների կլանման և առաքման առանձնահատկությունների մասին միջին-ենթակարմիր սպեկտրների վրա՝ առաջ բերելով նոր պատկերացումներ այս համակարգերում փոշու կառուցվածքի և տարածվածության մասին:
4. *Գծերի պրոֆիլների և կինեմատիկայի մանրամասն ուսումնասիրություններ:* Հետազոտությունն ընդգրկում է [CII] և նեոնի մեկ և երկու անգամ իոնացված առաքման գծերի պրոֆիլների ուսումնասիրություն՝ համեմատելով գծերի կիսալայնությունները և տեսագծային արագությունները: Այս վերլուծությունները բարելավում են մեր պատկերացումները ԱԳՄ-ներով պայմանավորված

արտահոսքերի և աստղաբնկմամբ պայմանավորված քամիների մասին՝ նպաստելով գալակտիկաների էվոլյուցիայի մոդելներին:

Այս արդյունքները միասին ցույց են տալիս ենթակարմիր տվյալների ուսումնասիրման անչափ կարևորությունը գալակտիկաների էվոլյուցիոն հիմնական գործընթացները հասկանալու հարցում: Այս աշխատանքում ներդրված մանրամասն տրամաչափումները, դասակարգման մեթոդները և կարմիր շեղման ճշգրտման մեթոդները հիմնաքարեր են ստեղծում հեռավոր Տիեզերքի ապագա ուսումնասիրությունների համար:

### **Արդյունքների նշանակալիությունը**

Արդյունքները մեծապես նպաստում են ենթակարմիր աստղագիտության զարգացմանը՝ արտածելով մեթոդներ՝ գնահատելու աստղառաջացման տեմպը և բացահայտելու ԱԳՄ-ների ակտիվությունը փոշոտ, հեռավոր գալակտիկաներում: Այս պատկերացումները կարևոր նշանակություն ունեն վաղ Տիեզերքի էվոլյուցիան հասկանալու և հետագա դիտողական ծրագրերը մշակելու համար այնպիսի աստղադիտակների համար, ինչպիսին է ALMA-ն: Ատենախոսությունը նաև ներդրումներ է անում ԱԳՄ-ների միասնական մոդելի տեսության մեջ՝ սպեկտրային հատկությունները կապելով ակտիվ գալակտիկական միջուկներում ֆիզիկական գործընթացների հետ:

### **Ատենախոսության դրական կողմերի և հանդիպող թերությունների մասին**

#### **Աշխատանքի դրական կողմերն են.**

1. Ատենախոսությունը հիմնված է աստղաֆիզիկայի ժամանակակից ձեռքբերումների վրա: Այն պարունակում է համապարփակ վերլուծություններ՝ համատեղելով բազմաթիվ սպեկտրային տվյալների ուսումնասիրություններ: Ներառում է ամուր մեթոդական հենք և տվյալների ընդարձակ վավերացում, ներդրումներ ինչպես տեսական, այնպես էլ՝ դիտողական մեթոդներում:
2. Առանձնապես պետք է նշել թեմայի հրատապությունը և կարևորությունը: Ենթակարմիր աստղագիտությունը, մասնավորապես ակտիվ գալակտիկաների բնագավառում, էապես առաջ է տարել մեր պատկերացումները Տիեզերքի մասին:
3. Ժամանակակից տվյալների օգտագործումը, այդ թվում՝ առաջատար ցամաքային և տիեզերական աստղադիտակներով (Spitzer Space Telescope, Herschel Space Observatory, ALMA):
4. Միջազգային համագործակցության շրջանակներում աշխատանքի իրականացումը, ինչը նպաստում է նաև Բյուրականի աստղադիտարանի միջազգային հեղինակությանը:

5. Դրական են համարում մանրակրկիտ գրաֆիկական վերլուծությունները, որոնք պարզաբանում են ստացված արդյունքները:
6. Կարևոր է Անահիտ Սամսոնյանի բավականաչափ անձնական ներդրումը:
7. Անահիտ Սամսոնյանի տպագրած աշխատանքները ավելի քան բավարար են ֆմգթ թեկնածու դառնալու համար և ներկայացնում են աշխարհի լավագույն գիտական ամսագրերից Astrophysical Journal և Astrophysical Journal Supplement Series, ինչպես նաև Astrofizika/Astrophysics:
8. Աշխատանքի արդյունքները ներկայացված են 2014-2023 թթ. 13 գիտաժողովներում և Բյուրականի աստղադիտարանի և այլ սեմինարներում:
9. Աշխատանքը գրված է գրագետ անգլերենով, պահպանված է տրամաբանական հաջորդականությունը և շարադրանքի փոխադարձ կապը:
10. Գրականության ցանկը բաղկացած է 139 անուն աշխատանքից և հիմնականում լավ է ներկայացնում տվյալ բնագավառի և ատենախոսությանը վերաբերող կարևորագույն աշխատանքները:

#### **Կան որոշ թերություններ և անփութություններ.**

1. Գլխավոր թերությունը. աշխատանքում օգտագործված օբյեկտների ընտրանքները համասեռ չեն, վիճակագրական արժեք չեն ներկայացնում, ինչը խիստ դժվարեցնում է դրանց հիման վրա աստղաֆիզիկական եզրակացություններ կատարելը:
2. Աշխատանքը կենտրոնացած է որոշակի ենթակարմիր առաքման գծերի ուսումնասիրության վրա, որը, հնարավոր է, սահմանափակում է ավելի լայն սպեկտրային տիրույթների տված արդյունքները: Նաև՝ որոշ արդյունքներ հենվում են ԱԳՄ-ների և աստղառաջացման բռնկումով գալակտիկաների բնութագրերի համընդհանրության վրա, որը կարող է փոփոխվել «ծայրահեղ» միջավայրերում:
3. Ցանկալի կլիներ կատարված ամբողջ աշխատանքը ներկայացնել ըստ օբյեկտների. օրինակ ինչպիսի աստղադիտակներով, սարքերով և մեթոդներով քանի և ո՞ր օբյեկտներն են դիտվել կամ ուսումնասիրվել և դրանցից քանիսն են համընկնում, արդյունքում պատկերացում ստեղծելու համար, թե ընդհանուր առմամբ ո՞ր օբյեկտներն են առավել ամբողջական ուսումնասիրված կամ եզրակացությունները որքանով վիճակագրական արժեք ունեն: Այդ մասին հստակ նշվում է միայն 379 գալակտիկաների դասակարգման դեպքում:
4. Խոսելիս ակտիվ գալակտիկական միջուկների միացյալ մոդելի մասին, ցանկալի է բերել հենց առաջնային աշխատանքը՝ Antonucci & Miller 1985 (ոչ թե Antonucci 1993 և Urry & Padovani 1995):
5. Ներածությունում շատ թե քիչ նկարագրված է Spitzer Space Telescope-ը և դրա IRS սարքը, սակայն Գլուխ 1-ում միանգամից բերվում են Herschel PACS-ով ստացված արդյունքները՝ առանց ներկայացնելու, թե դա ինչ է: Այդ մասին

խոսվում է միայն 4.2.3 բաժնում, երբ դրանով ստացված բոլոր արդյունքներն արդեն քննարկված են:

6. Ընդհանուր դիտողություն. տեխնիկական նկարագրությունների մեջ երբեմն կորում կամ երկրորդական պլան է մղվում գիտական իմաստը, երբ դա՛ է կարևորը, և տպավորությունը պետք է լինի այնպիսին, որ աշխատանքում լուծված են գիտական խնդիրներ:
7. Տեքստի ձևաչափն անհաջող է. ամեն պարբերություն բերվում է հաջորդելով նախորդին՝ առանց խորքից սկսելու կամ դատարկ տող ավելացնելու:
8. Անհաջող է գրականության հղումների նշումը՝ միայն համարներով, այդպես բացարձակապես անհասկանալի է, թե ո՞ր աղբյուրի մասին է խոսքը: Ցանկալի է, որ լինի հեղինակ կամ հեղինակներ և տարեթիվ: Սակայն հնարավոր է, սա գալիս է ԲՈԿ-ի կողմից սահմանված ձևաչափից:
9. Տեքստում հապավումները ներմուծել անհրաժեշտ է առաջին անգամ տերմինն օգտագործելու դեպքում, որից հետո կարելի է կիրառել ներմուծված հապավումը: Սակայն, օրինակ Supermassive Black Hole (SMBH) բերվում է մի քանի անգամ օգտագործելուց հետո միայն էջ 11-ում, ընդ որում նույն բանը՝ երկու անգամ: Նույնը՝ Broad-Line Region (BLR)-ի համար: Նույնը, հաջորդ էջում՝ Narrow-Line Region (NLR)-ի համար (երեք անգամ): Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) հապավումը ներմուծվում է 14-րդ և 15-րդ էջերում, երբ արդեն վաղուց օգտագործվել է: Active Galactic Nuclei (AGN) հապավումը ներմուծվում է 15-րդ էջում, երբ նույնպես արդեն վաղուց օգտագործվել է: Իսկ որոշ հապավումներ ընդհանրապես ներմուծված չեն: Հապավումներ կան ներմուծված նույնիսկ տեքստի վերջին էջերում (օրինակ՝ էջ 106), երբ տվյալ տերմինն արդեն բազմաթիվ անգամ օգտագործվել է (օրինակ՝ AGN, ULIRG, SFR, PAH, PACS):
10. Տեքստն ավելի ընկալելի դարձնելու համար ցանկալի կլինեն աշխատանքի վերջում բերել հապավումների ցանկ:
11. Էջ 74-ում ULIRG բերված է որպես ultraluminous galaxies, պետք է լինի՝ ultraluminous infrared galaxies:
12. Էջ 75-ում բերվում են մի շարք ոչինչ չասող հապավումներ (Herschel-ի դիտողական ծրագրեր), որոնց փոխարեն կարելի է տալ պարզապես հղումները:
13. Էջ 94-ում 4-10 նկարի բացատրության մեջ իրար հետևից երկու անգամ գրված է same:
14. Նկարների մեծ մասի որակը վատն է, հավանաբար վերցված են համապատասխան հոդվածների ցածր լուծունակության PDF ֆայլերից:
15. Գրականության ցանկում մի քանի հոդվածներում բաց է թողնված վերջին հեղինակը:

Սակայն, այս բոլոր թերությունները կամ անփութությունները **չեն կարող ազդել** ատենախոսության ընդհանուր արժեքի, առավել ևս՝ գիտական արժեքի վրա:

**Սեղմագիրը** բաղկացած է 22 էջից, համապատասխանում է ատենախոսությանը, ներառում է բոլոր անհրաժեշտ բաժինները և լիովին բավարարում է ՀՀ ԲՈԿ-ի պահանջներին: Փոքր դիտողություն. ցանկալի էր աշխատանքի գլուխները նկարագրելիս գրել նաև դրանց անվանումները:

## **Եզրակացություն**

Հաշվի առնելով ատենախոսության արդիականությունը, գիտական նորույթը, արդյունքների հավաստիությունը և գիտական նշանակալիությունը, եզրակացնում են՝ **Անահիտ Լյովայի Սամսոնյանի՝ «Փոշով հարուստ աստղառաջացման բնկումով գալակտիկաների և ակտիվ գալակտիկական միջուկների ուսումնասիրություն ենթակարմիր [CII] 158 մկմ առաքման գծի միջոցով»** թեմայով ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ-ում գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի և ԲԿԿ ԲՈԿ-ի կողմից ֆնգթ ատենախոսություններին առաջադրված պահանջներին և **Անահիտ Սամսոնյանն արժանի է ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի Ա.03.02 «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն» մասնագիտությամբ:**



Արեգ Միքայելյան  
ՀՀ ԳԱԱ Վ. Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիփարանի տնօրեն,  
«Աստղագիտական շրջահայություններ» ԳՀ բաժնի վարիչ,  
առաջադար գիտաշխատակից, ֆնգթ

16.02.2025, Բյուրական