

ՀՀ ԳԱԱ Վ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ (Ազգային արժեք)
Առաջատար կազմակերպություն
(Գիտական խորհուրդի թիվ 8 նիստի քաղվածքից)

Կարծիք Նարեկ Վ. Սահակյանի «Բլազարների բազմաալիքային և նեյտրինային ճառագայթման ուսումնասիրությունը» թեմայով դոկտորական ատենախոսության վերաբերյալ, ինչը ներկայացված է Ա.04.02 դասիչով մասնագիտությամբ (Տեսական ֆիզիկա), գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման համար

Վ. Համբարձումյանը առաջինն էր, ով 1950-ականների կեսերից ուշադրություն հրավիրեց գալակտիկական միջուկների անկայունության և ակտիվության վրա, և ձևակերպեց «գալակտիկական միջուկների ակտիվության» վարկածը: Գալակտիկական միջուկներում ընթանում են տիեզերական նյութի ծնման ամենաբուռն գործընթացներ, որոնք զուգորդվում են էներգիայի հսկայական քանակների ազատման և պարփակ մարմինների արագ արտանետման, ու դրանց կենտրոնական մասերից նյութի ուժգին արտահոսքի երևույթներով: Միջուկներն են որոշում գալակտիկաների կյանքի ամենակարևոր գործընթացները, մասնավորապես դրանց հետևանքն են պարուրաձև թևերի ձևավորումը, աստղերի առաջացումը, և սֆերիկ բաղադրիչը՝ գնդաձև աստղակույտերը: Այդ երևույթների հայտնաբերումից ի վեր որպես չլուծված հիմնարար խնդիր է մնում նման ահռելի էներգիաների արդյունավետ աղբյուրների բացահայտումը: Վերջինս հիմնարար մարտահրավեր է ժամանակակից բարձր էներգիաների ֆիզիկայի և աստղաֆիզիկայի համար:

Ակտիվ գալակտիկական միջուկները (ԱԳՄ), Տիեզերքում, նաև ամենահզոր և կայուն բազմաալիքային ճառագայթման աղբյուրներից են: Ժամանակակից «ԱԳՄ-ների միասնական մոդելի» շրջանակներում, դրանց հզոր բազմաալիքային ճառագայթումը պայմանավորված է կենտրոնական պտտվող գերզանգվածով սև խոռոչի վրա ընկնող նյութի ակրեցիայով: ԱԳՄ-ների միջուկից գրանցված հզոր ինֆրակարմիր ճառագայթումը առաջանում է միջուկի շուրջը «տորանման» կառուցվածքով նյութի զանգվածից: Ակրեցիոն սկավառակի բարձր էներգիայի մասնիկներից կազմված խիստ ուղղորդված պլազմայի ռելյատիվիստական շիթի տեսքով արտանետումների չափերը կարող են հասնել մինչև մի քանի կիլոպարսեկի: Կախված շիթի դիտողի նկատմամբ ունեցած անկյունից, ԱԳՄ-ները բաժանվում են տարբեր դասերի: Բլազարները ԱԳՄ-երի ամենապայծառ ենթադասն են, որոնց ռելյատիվիստական շիթերը ուղղված են դեպի դիտողը: Բլազարների ոչ-ջերմային ճառագայթումը գրանցվում է ռադիոյից մինչև գերբարձր էներգիաների γ տիրույթներում: Այն հիմնականում առաջանում է ռելյատիվիստական շիթում արագացված մասնիկների փոխազդեցություններից: Այս խնդիրները հնարավոր է հետազոտել միայն մեծ քանակության ճառագայթման դիտողական բազում և բազմաբնույթ տվյալների մոդելավորման միջոցով:

Ն. Սահակյանի ատենախոսության մեջ առաջարկվում է ծրագրային ընդհանուր փաթեթ, բլազարների բազմաալիքային և նեյտրինային ճառագայթման սպեկտրները մոդելավորելու համար: Դա հնարավորություն է տալիս հետազոտել ոչ միայն բլազարների կենտրոնական

մասերում և շիթերում ընթացող ռելյատիվիստական պրոցեսները ֆիզիկական ծայրահեղ պայմաններում, այլ նաև ուսումնասիրել Տիեզերքի մեծասանդղակ կառուցվածքը: Այս առումով աշխատանքը ուրույն հետաքրքրություն է ներկայացնում:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, իննը գլխից, ամփոփումից և օգտագործված գրականության ցանկից:

Ներածության մեջ հիմնավորվում է հետազոտվող թեմայի արդիականությունը, բերվում է բնագավառի համառոտ նկարագրությունը, ձևակերպվում աշխատանքի նպատակը, հիմնական դրույթները, և հակիրճ շարադրվում դրա բովանդակությունը:

Առաջին գլխում ուսումնասիրվում են FSRQ դասի 3C 454.3 բլազարի շիթում տեղի ունեցող պրոցեսները վերլուծելով 2008–2018թթ. ընթացքում գրանցված տվյալները: Ցույց է տրվում, որ օպտիկական, ուլտրամանուշակագույն (ՈւՄ), ռենտգենյան և բարձր էներգիաների (ԲԷ, ≥ 100 MeV) γ տիրույթներում գրանցվել են մի քանի հզոր բռնկումներ: Վերլուծված տվյալներով կառուցվում են աղբյուրի միաժամանակյա տվյալներով ստացված էներգիայի սպեկտրալ բաշխումները (SED), որոնք մոդելավորվել են «մեկ տիրույթից լեպտոնային ճառագայթման» մոդելի շրջանակում:

Երկրորդ գլխում, վերլուծելով 13 տարիների (2008–2021թթ.) ընթացքում գրանցված փորձարարական տվյալները, հետազոտվել են IBL դասի BL Lac բլազարի շիթում տեղի ունեցող պրոցեսները: Ռենտգենյան հոսքի էվոլյուցիան ուսումնասիրվել է համեմատելով հոսքը տարբեր վիճակների ֆոտոնային ինդեքսի հետ:

Երրորդ գլխում ուսումնասիրվել են HBL դասի 1ES 1218+304 աղբյուրի ճառագայթման մեխանիզմները իրականացնելով 2008-2020թթ. գրանցված տվյալների ժամանակային և սպեկտրալ վերլուծություն: Ցույց է տրվել, որ որոշ դեպքերում աղբյուրի ռենտգենյան տիրույթում ճառագայթման ֆոտոնային ցուցիչը ≤ 1.81 , ինչի հետևանքով աղբյուրի սինքրոտրոնային ճառագայթման բաղադրիչի առավելագույնը շեղվում է դեպի ավելի բարձր հաճախականություններ ($> 10^{18}$ Հց) և աղբյուրը ժամանակավորապես վերածվում է «ծայրահեղ սինխրոտոնային» բլազարի:

Չորրորդ գլխում, հեռավոր CTA 102-ի ԲԷ γ - տիրույթում ճառագայթման սպեկտրի մանրամասն ուսումնասիրությամբ ցույց է տրվել, որ մի քանի ժամանակահատվածներում ճառագայթման սպեկտրը (9–16) GeV էներգետիկ տիրույթում շեղվում է պարզ աստիճանային օրենքից, ինչը կարող է տարբեր ծագումնաբանություն ունենալ: Հետազոտվել է CTA 102 բլազարի բազմահաճախային տիրույթում 2016-2018թթ. գրանցված բռնկումների առաջացման ֆիզիկական մեխանիզմները:

Հինգերորդ գլխում, վերլուծելով 4FGL J1544.3-0649 աղբյուրի օպտիկական, ՈւՄ, ռենտգենյան և ԲԷ γ տիրույթներում գրանցված տվյալները, առաջարկվել է ժամանակավոր (transient) բլազարների նոր դաս: 4FGL J1544.3-0649 աղբյուրը ռադիո տիրույթում ուսումնասիրություններից հայտնի բլազար է, որը չէր ճառագայթում ռենտգենյան և ԲԷ γ -տիրույթներում: Ցույց է տրվել, որ 2016-2017թթ.-ից հետո աղբյուրի ճառագայթումը ռենտգենյան և γ տիրույթներում կտրուկ աճել է, և աղբյուրի ճառագայթումը գրանցվել է Swift XRT, MAXI և Fermi-LAT դիտակներով:

Վեցերորդ գլխում, վերլուծելով Swift դիտակով վերջին 15 տարիների (2004-2019թթ.) ընթացքում գրանցված տվյալները և ստացված արդյունքները համեմատելով բազմահաճախային տիրություն գրանցված այլ շտեմարանների հետ, առանձնացվել են ռենտգենյան տիրություն ճառագայթող բլազարները, որոնց սինքրոտրոնային ճառագայթման բաղադրիչի առավելագույն հաճախությունն ընկած է $>10^{15}$ Հց տիրություն: Վերլուծելով NuSTAR դիտակով գրանցված բոլոր բլազարների տվյալները (126 աղբյուր), պատրաստվել է 3-79 keV տիրություն բլազարների առաջին շտեմարանը NuBlazar-ը:

Յոթերորդ գլխում, օգտագործելով բազմահաճախային տիրություն գրանցված տվյալները, հետազոտվել են IceCube-170922A նեյտրինո ազդանշանի ուղղությամբ գտնվող շրջակա տիրություն առկա բոլոր աղբյուրների հատկությունները: Ցույց է տրվել, որ TXS 0506+056 աղբյուրը, որը ռադիոյից մինչև FԷ γ - տիրույթը շատ հզոր ճառագայթման աղբյուր է, ամենայն հավանականությամբ նաև նեյտրինոների ճառագայթման աղբյուր է: Հետևաբար դա նեյտրինոների ճառագայթման առաջին տիեզերական աղբյուրն է:

Ութերորդ գլխում ուսումնասիրվել է TXS 0506+056 բլազարի շիթում տեղի ունեցող հաղորդային պրոցեսները IceCube-170922A նեյտրինո ազդանշանի գրանցման ժամանակ: Ցույց է տրվել, որ գերբարձր էներգիաների նեյտրինոների ճառագայթման ժամանակ, աղբյուրի γ - ճառագայթումը կարող է առաջանալ շիթում արագացված պրոտոնների փոխազդեցությունից, օրինակ՝ երբ շիթը փոխազդում է խիտ թիրախի հետ:

Իներորդ գլխում ուսումնասիրվել են նեյտրինոների ճառագայթման առաջին տիեզերական աղբյուրի երկնային տիրությին մոտ գտնվող PKS 0502+049 բլազարի բազմահաճախային տիրություն ճառագայթման մեխանիզմները: Ցույց է տրվել, որ 1) նեյտրինոների ճառագայթման ժամանակ աղբյուրի γ -տիրություն ճառագայթումը շեղվում է պարզ աստիճանային օրենքից $E_c=(8.50\pm 2.06)$ GeV-ից բարձր տիրություն և 2) նեյտրինոների ճառագայթման ժամանակ PKS 0502+049 աղբյուրից γ - ճառագայթումը պայմանավորված էր արագացված էլեկտրոններով:

Գիտական նորույթը

ա) Պատրաստվել է ծրագրային փաթեթ, որը հնարավորություն է տալիս մոդելավորել տարբեր դասերի բլազարների բազմաալիքային և նեյտրինային ճառագայթման սպեկտրալ էներգիայի բաշխումը (SED): Ներդրվել է տվյալների վիզուալիզացիայի նոր մեթոդ (SED/Light curve animation), որն առավել արդյունավետ միջոց է հետևելու աղբյուրի ճառագայթումների ժամանակային էվոլյուցիային:

բ) 3C 454 բլազարի պասիվ և բռնկվող վիճակները ուսումնասիրելու համար, 3C 454.3-ի 362-ի SED-երը (2008-2018 թթ.) մոդելավորվել են «մեկ տիրույթից լեպտոնային ճառագայթման» սցենարի շրջանակներում:

գ) 511 SED-երի նմանատիպ մոդելավորման միջոցով համակարգված կերպով ուսումնասիրվել է Լացերտիդների փոփոխվող բազմաալիքային ճառագայթումը: Առաջարկվել է դեռևս չբացահայտված բլազարների (անցողիկ բլազարների) բնակչության գոյության վարկածը, որոնք երբեմն կարող են բռնկվել և դառնալ ռենտգենյան և γ ճառագայթների ուժեղ աղբյուրներ:

դ) NuSTAR շտեմարանի բոլոր բլազարների դիտումների համակարգված մշակման արդյունքում, թողարկվել է բլազարների առաջին կոշտ ռենտգենյան սպեկտրների կատալոգը (NuBlazar):

ե) Ցույց է տրվել, որ PKS 0502+049 աղավաղում է γ -ճառագայթման տիրույթը ցածր էներգիաների տիրույթում, իսկ TXS 0506+056-ը գերիշխում է մի քանի GeV-ից բարձր էներգիաների տիրույթում: «Բազմալրաբերային ախտորոշումն» ապահովում է մեկ համահունչ պատկեր, որում TXS 0506+056-ը նեյտրինային ճառագայթման միակ աղբյուրն է դիտվող տիրույթում: Նեյտրինային ճառագայթումը ամենայն հավանականությամբ, լեպտոնիկ ծագում ունի:

զ) TXS 0506+056 բլազարի շիթից նեյտրինային ճառագայթման մոդելավորումը առաջարկվում է pp-փոխազդեցության սցենարի շրջանակներում: Եթե պրոտոնների էներգիայի բաշխումը $\sim E^{-2.50}$ տեսքի է, և եթե այդպիսի բաշխումը շարունակվում է մինչև $E_c, p=10 \text{ PeV}$ «կտրիչ» էներգիաները, ապա նեյտրինային ճառագայթման սպասվող արագությունը հասնում է մինչև $\sim 0,46$ պատահարի՝ աղբյուրի երկարատև ակտիվ փուլում, կամ $\sim 0,15$, եթե ակտիվությունը տևում է 60 օր՝ համաձայն IceCube-ի դիտումների:

Դիտողություններ

1. Ատենախոսության շարադրանքի դասական օրենքները չեն պահպանվել, ինչից շարադրանքը մասամբ տուժել է, քանի, որ նյութը դժվար է ընթերցվում նույնիսկ մասնագետների համար, հատկապես այն տեղերում, որտեղ հապավումների բացատրություն պարզապես չկա: Նախնորելի կլիներ ողջ նյութը շարադրել հետևողական տրաբանական միասնությամբ: 9 գլխի փոխարեն ներկայացված նյութը կարելի էր շարադրել 6 գլխում:

2. Առաջին գլխում, նկար 1.3-ում պատկերված է ֆոտոնային ինդեքսը կախված γ - և ռենտգենյան ճառագայթների հոսքերից, երբ 3C 454.3 բլազարն ակտիվ էր γ -և ռենտգենյան ճառագայթների տիրույթներում: Հետաքրքիր կլիներ հետազոտել ֆոտոնային ինդեքսի փոփոխության վարքը կախված հոսքից՝ դիտարկվող տասը տարիների ընթացքում, երբ մի շարք բոնկումներ են գրանցվել:

3. Երկրորդ գլխում, BL Lac-ի պայծառ և փափուկ ռենտգենյան վիճակների փուլում սպեկտրալ էներգիայի բաշխման մոդելավորման մեջ, պետք է հաշվի առնել նաև պրոտոնների հնարավոր ներդրումը:

4. Ութերորդ գլխում, «լեպտոն-հաղթանային» սցենարի շրջանակներում մոդելավորվում է TXS 0506+056 բլազարի սպեկտրալ էներգիայի բաշխումը: Անշուշտ հետաքրքիր է համեմատել դրա հիման վրա ստացված պրոտոնների բաշխումը, մեկ այլ p- γ փոխազդեցության սցենարներից գնահատված պրոտոնների բաշխման հետ:

Իհարկե, վերոհիշյալ դիտողությունները ոչ մի կերպ չեն նսեմացնում ատենախոսության արժեքը: Քննարկված թեմաները առավել արդիական են: Ստացված արդյունքների հավաստիությունը ամբողջովին պայմանավորված է այն բանով, որ հետազոտությունը կատարված է գրականությունյան մեջ հայտնի վիճակագրական եղանակների և դիտողական տվյալների օգտագործմամբ: Դրանք կարող են լույս սփռել քննարկված խնդիրների ապագա հետազոտությունների վրա:

Բլազարների բազմաալիքային տիրույթում SED մոդելավորման համար պատրաստված ծրագրային փաթեթը կարող է օգտագործվել աստղաֆիզիկական այլ աղբյուրներում ընթացող ոչ ջերմային գործընթացների ուսումնասիրություններում: CTA 102-ի շիթերում տեղի ունեցող պրոցեսների մանրամասն ուսումնասիրությունը կարևոր նշանակություն ունի FSRQ դասի բլազարների ֆիզիկական հասկանալու տեսանկյունից: Հանգստի և բոնկման վիճակներում ճառագայթման սպեկտրների մոդելավորման արդյունքները կարող են օգտագործվել BL Lac և FSRQ դասերի բլազարների շիթերում մասնիկների արագացման և ճառագայթման գործընթացների հետագա հետազոտություններում: Առաջարկված մոդելները կարող են օգտագործվել Տիեզերքի մեծասանդղակ կառուցվածքի և անկայուն երևույթների ուսումնասիրության մեջ:

Ատենախոսության սեղմնագիրը ամբողջապես համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը: Միջազգային բարձր վարկանիշ ունեցող գիտական ամսագրերում տպագրված հոդվածները (թվով 41, որոնցից 7-ը առանց համահեղինակների) լիովին արտացոլում են ատենախոսության հիմնական արդյունքները: Դրանք ներկայացվել են տարբեր միջազգային գիտաժողովներում, քննարկվել են ՀՀ ԳԱԱ ԻԿԲԱՆԵՏ կենտրոնի և Վ. Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանի սեմինարներում:

Համարում ենք, որ սույն ատենախոսությունը գիտական թեմայի արդիականությամբ, ստացված հետազոտական արդյունքների ծավալով և կարևորությամբ, բավարարում է Հայաստանի Բարձրագույն Որակավորման Կոմիտեի կողմից ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի համար ներկայացվող բոլոր պահանջներին, և հեղինակը արժանի է՝ Ա.04.02 դասիչով մասնագիտությամբ (Տեսական ֆիզիկա), ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտորի աստիճանի հայցմանը:

(ԲԱ գիտ. խորհրդի նիստին ներկա էին՝ ֆիզ.-մաթ. գ. թ. Ա. Միքայելյան, ֆիզ.-մաթ. գ.դ. Տ. Մադաթյան, ֆիզ.-մաթ. գ. թ. Հ.Հարությունյան, ֆիզ.-մաթ. գ. թ. Ե. Նիկողոսյան, և ևս 5 անդամներ)

ԲԱ գիտ. խորհուրդի նախագահ
ֆիզ.-մաթ. գ. թեկնածու Ա. Միքայելյան

ԲԱ գիտ. խորհուրդի քարտուղար
ֆիզ.-մաթ. գ. թեկնածու Ե.Նիկողոսյան

13.06.2022 թ.

