

Երևանի Պետական Համալսարան

Ֆիզիկայի ֆակուլտետ

Միջուկային ֆիզիկայի ամբիոն

Կուրսային աշխատանք

Թեմա: Գազաթնակետի որոնումը ժամանակային
շարքերում

Ղեկավար՝ Աշոտ Զիլինգարյան

Ուսանող՝ Արմեն Հովհաննիսյան

Բովանդակություն

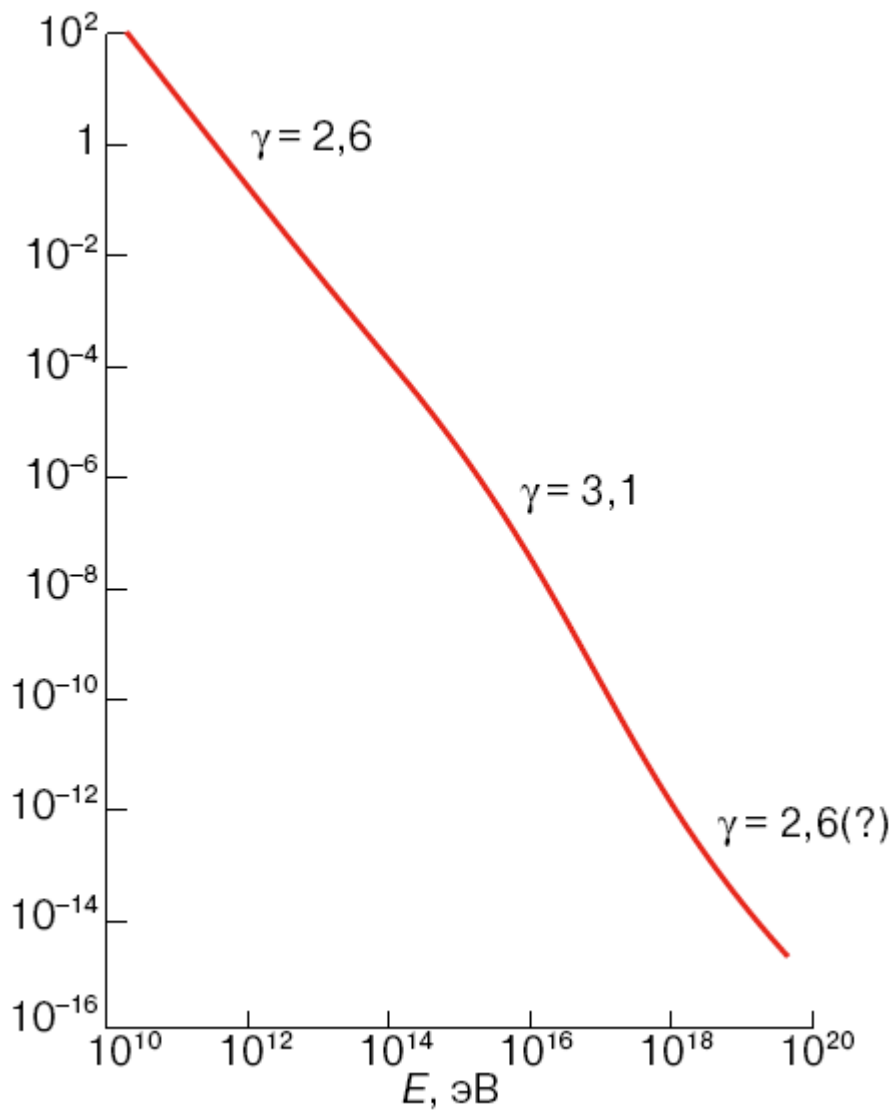
- Ներածություն
- Տիեզերական ճառագայթներ
- Տվյալների մշակում
- Եզրակացություն

Ներածություն

Երկրագունդը մշտապես ուժակոծվում է բարձր էներգիայի լիցքավորված մասնիկներով՝ տիեզերական ճառագայթներով, որոնք գալիս են միջաստղային տարածությունից: Տիեզերական ճառագայթները նման են խիստ նոսրացած ռեյաստիվիստիկ գազի, որի մասնիկները փոխազդում են միջաստղային և միջմոլորակային նյութի, ինչպես նաև մագնիսական դաշտերի հետ: Լիցքավորված մասնիկները, հասնելով Երկիր, փոխազդում են նաև մեր մթնոլորտի հետ՝ առաջացնելով երկրորդական տիեզերական ճառագայթներ, որոնք էլ րոպե առ րոպե գրանցվում են մեր սարքերի կողմից: Տարբերում են արևային և գալակտիկ ճառագայթներ: Գալակտիկ տիեզերական ճառագայթների հոսքը Երկրի մոտ իզոտոպ է, և մեր գրանցիչների տվյալները՝ ժամանակային շարքերը, փոխվում են Արեգակի պատճառով: Արեգակը մոդուլացնում է ճառագայթները, և նրա պատճառով մենք մեր տվյալներում տեսնում ենք մասնիկների ինտենսիվության աճեր և նվազումներ, այլ կերպ ասած գրանցում ենք սիգնալ: Իմ այս աշխատանքի նպատակն է ժամանակային շարքերում առանձնացնել ֆոնը(գալակտիկ տիեզերական ճառագայթները) սիգնալից, որն առաջանում է Արեգակի ազդեցության պատճառով: Այդ անելու համար մեր տվյալները մոտարկում ենք երկու ֆունկցիաների գումար ֆունկցիայով, որոնցից մեկը նկարագրում է ֆոնը, իսկ մյուսը՝ սիգնալը:

Տիեզերական ճառագայթներ

Տիեզերական ճառագայթները հայտնաբերվել են Վ. Գեսսի կողմից 1912թ.: Օդապարիկներով բազմաթիվ թռիչքներից հետո նա ցույց տվեց, որ իոնացման արագությունը աճում է բարձրության հետ զուգընթաց: Գեսսի փորձերը հաստատվեցին նաև այլ գիտնականների կողմից: Եվ միայն 15 տարի հետո վերջնականորեն ապացուցվեց այդ ճառագայթման տիեզերական ծագումը: Տիեզերական ճառագայթները իրենցից ներկայացնում են բարձր էներգիայի լիցքավորված մասնիկների հոսք, որ ընկնում են Երկրի վրա տիեզերական տարածությունից(առաջնային ճառագայթներ), և երկրորդական ճառագայթներ, որոնք առաջանում են մթնոլորտի հետ առաջնային մասնիկների փոխազդեցության հետևանքով: Ըստ քիմիական սպեկտրի տիեզերական ճառագայթները բաղկացած են 94%-ով պրոտոններից, 4%-ով հելիումի միջուկներից: Կան նաև այլ նյութերի միջուկներ, բայց նրանց թիվը ավելի քիչ է: Ինչպես արդեն նշվել է, տիեզերական ճառագայթները լինում են արևային և գալակտիկ: Արևային տիեզերական ճառագայթների աղբյուր հանդիսանում է Արեգակը, իսկ գալակտիկ ճառագայթներինը՝ հիմնականում մեր գալակտիկայի գերնոր աստղերը: Հարևան գալակտիկաներից եկող մետագալակտիկ ճառագայթների ինտենսիվությունը ավելի փոքր է, քան գալակտիկ ճառագայթներինը, բայց նրանց մեջ լինում են շատ բարձր էներգիայի մասնիկներ: Գալակտիկ և մետագալակտիկ ճառագայթների հոսքը ժամանակի ընթացքում համարյա չի փոխվում: Երկրի մթնոլորտի սահմանի մոտ այդ հոսքը կազմում է 1 մասնիկ 1 վայրկյանում 1 սմ²-ու վրա: Հաշվարկները ցույց են տվել, որ տիեզերական ճառագայթների աղբյուրներից մինչև Երկիր հասնելը մասնիկները անցնում են մոտ 5 գրամ միջաստղային նյութի միջով և ճամփորդում են Գալակտիկայով մոտ 10⁷ տարի: Նկ. 1-ում ցույց է տրված առաջնային տիեզերական ճառագայթների էներգետիկ սպեկտրը: Ինչպես երևում է, էներգիայի աճման հետ մասնիկների ինտենսիվությունը կտրուկ նվազում է: Արևային տիեզերական ճառագայթները ի հայտ են գալիս պարբերաբար Արեգակնային ակտիվության շրջանում մեծ բռնկումների ժամանակ, սակայն նրանց էներգիան համեմատաբար փոքր է: Նրանց պատճառով մենք մեր ժամանակային շարքերում ունենք բավականին անկայուն հոսք:

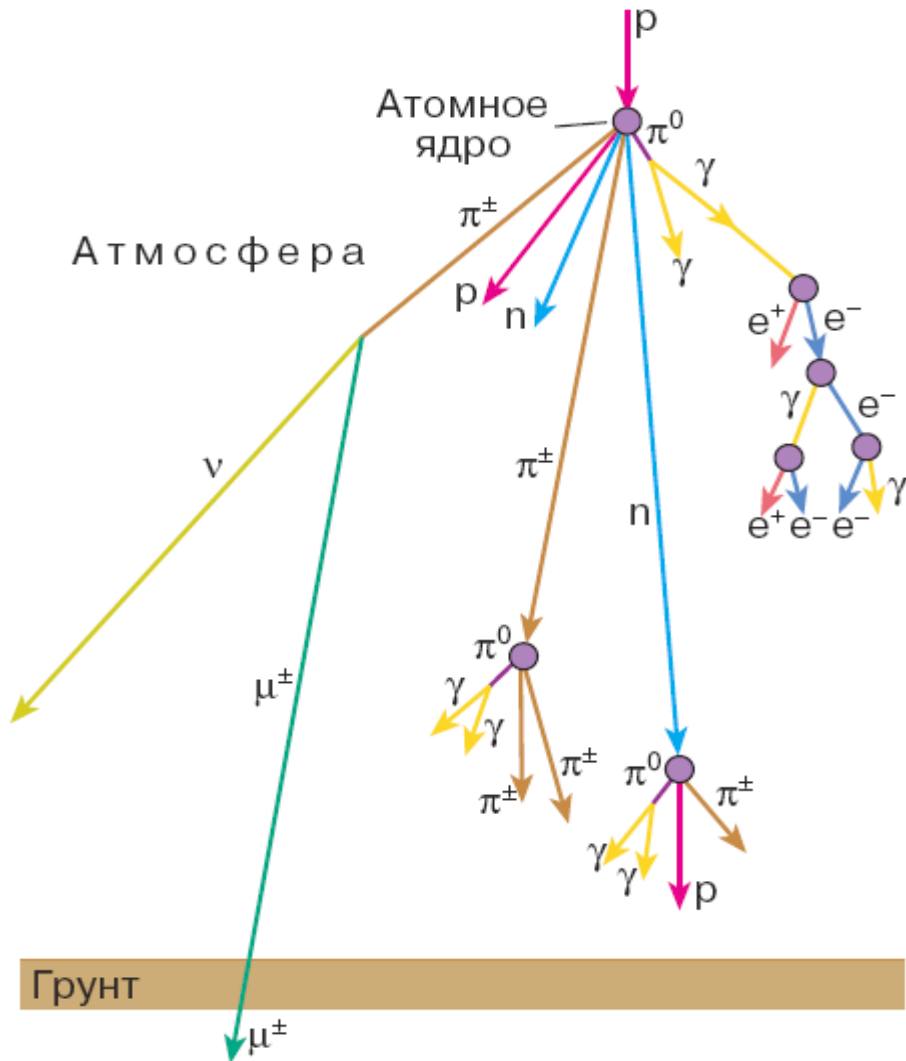


Նկ. 1 Առաջնային տիեզերական ճառագայթների էներգետիկ սպեկտրը:

Արեգակը մոդուլացնում է մասնիկների հոսքերը, և դրա հետևանքով մենք ունենք մի քանի մոդուլյացիոն դեպքեր՝ Ֆորբուշի նվազումներ, գեոմագնիսական փոթորիկներ և վերգետնյա հոսքի ավելացում(GLE):

Այժմ տեսնենք, թե ինչ է լինում առաջնային մասնիկների հետ, որոնք հասնում են Երկիր: Մթնոլորտում առաջնային տիեզերական մասնիկները փոխազդում են օդի ատոմների միջուկների հետ՝ առաջացնելով նոր տարրական մասնիկներ, որոնք կոչվում են երկրորդական տիեզերական ճառագայթներ: Ամեն բախումից առաջացող մասնիկների քանակը աճում է առաջնային մասնիկի էներգիայի աճի հետ $N \sim \lg E$ օրենքով: Երկրորդական տիեզերական ճառագայթների մեջ հայտնաբերվել են նոր տարրական մասնիկներ՝ պոզիտրոն, մյուոն, K-մեզոն և այլն: Առաջնային մասնիկի՝ մթնոլորտի ատոմների հետ փոխազդումից հետո առաջանում են նոր մասնիկներ, հիմնականում

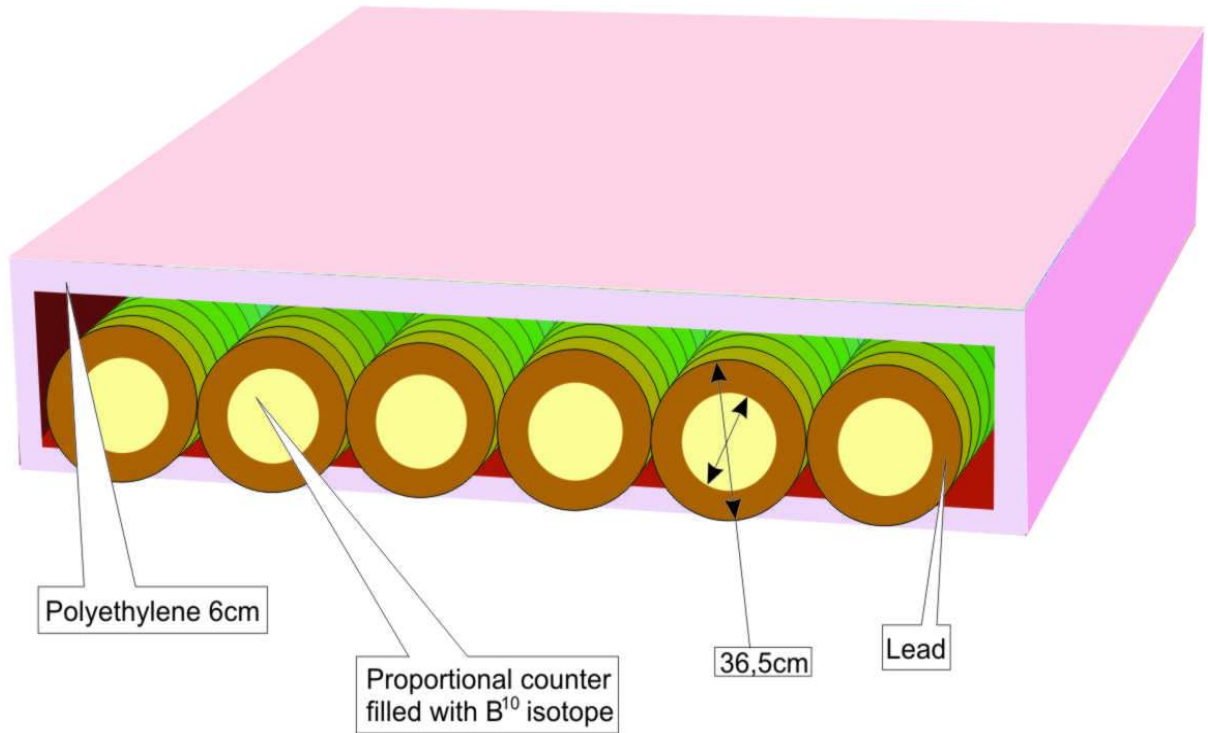
պիոններ, որոնք, անցնելով մթնոլորտի միջով, նորից փոխազդում են և առաջացնում նոր մասնիկներ և այդպես շարունակ: Արդյունքում ստացվում է մասնիկների բազմացման միջուկա-կասկադային պրոցես:



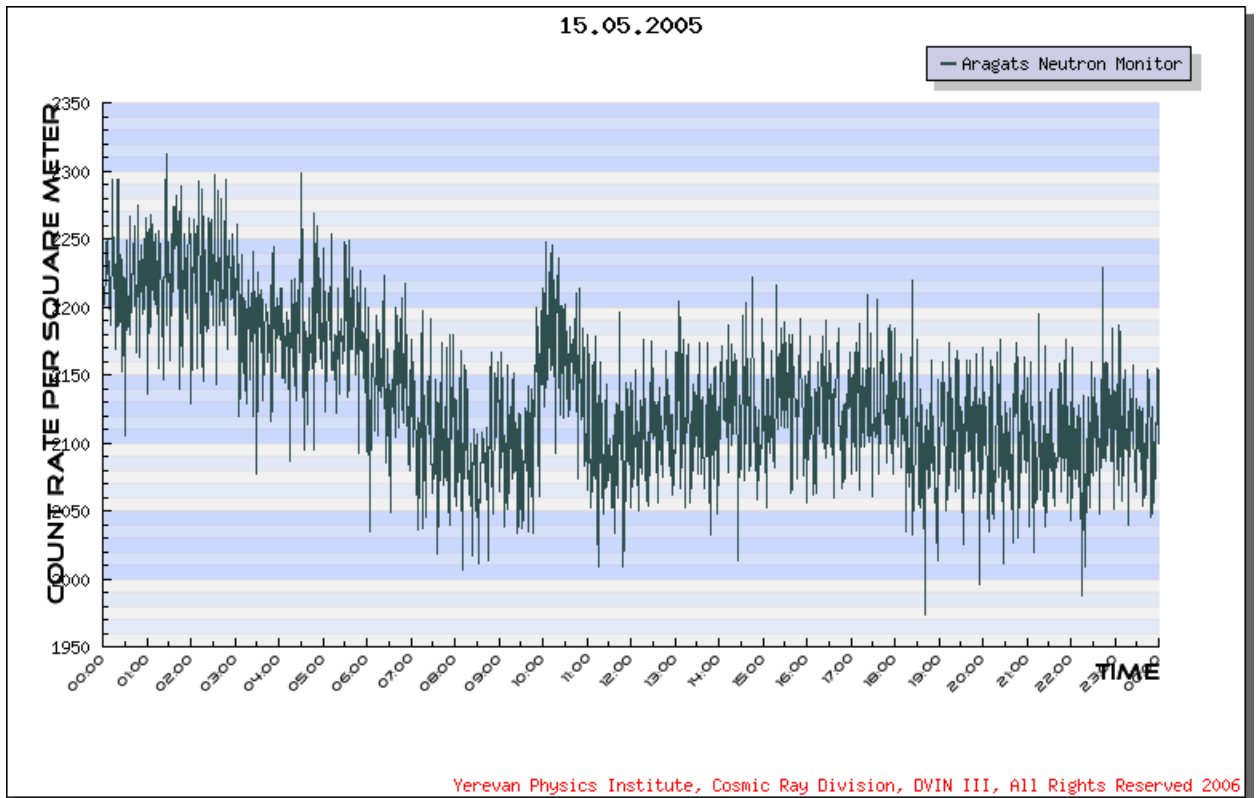
Նկ. 2 Երկրորդական մասնիկների հեղեղ:

Այդ պրոցեսի ընթացքում առաջացած և մակերևույթ հասած մասնիկները գրանցվում են մեր գրանցիչների կողմից: Երևանի Ֆիզիկայի Ինստիտուտը ունի մասնիկների գրանցիչներ 2 կայաններում՝ Արագածում և Նոր-Ամբերդում, որոնք գտնվում են ծովի մակերևույթից համապատասխանաբար 3200 և 2000 մետր բարձրության վրա: Իմ աշխատանքի համար ես վերցրել եմ Արագածի Նեյտրոնային Մոնիտորի(նկ. 3) 15.05.2005-ի տվյալները(Նկ. 4): Նկ. 5-ում պատկերված է այդ օրվա ժամը 08:00–15:00 տիրույթը, որի հետ ես աշխատել եմ և որում ընկած է մեր մաքսիմումը: 2005 թվականի մայիսի 15-ին տեղի է ունեցել Ֆորբուշի նվազում, այնուհետև գեոմագնիսական փոթորիկ, որի պատճառով մենք տեսնում ենք ավելացում մեր տվյալներում(Նկ. 5): Մեր

նպատակն է առանձնացնել ֆոնը սիգնալից, այսինքն դրանք բնութագրել առանձին տեսական ֆունկցիաներով:

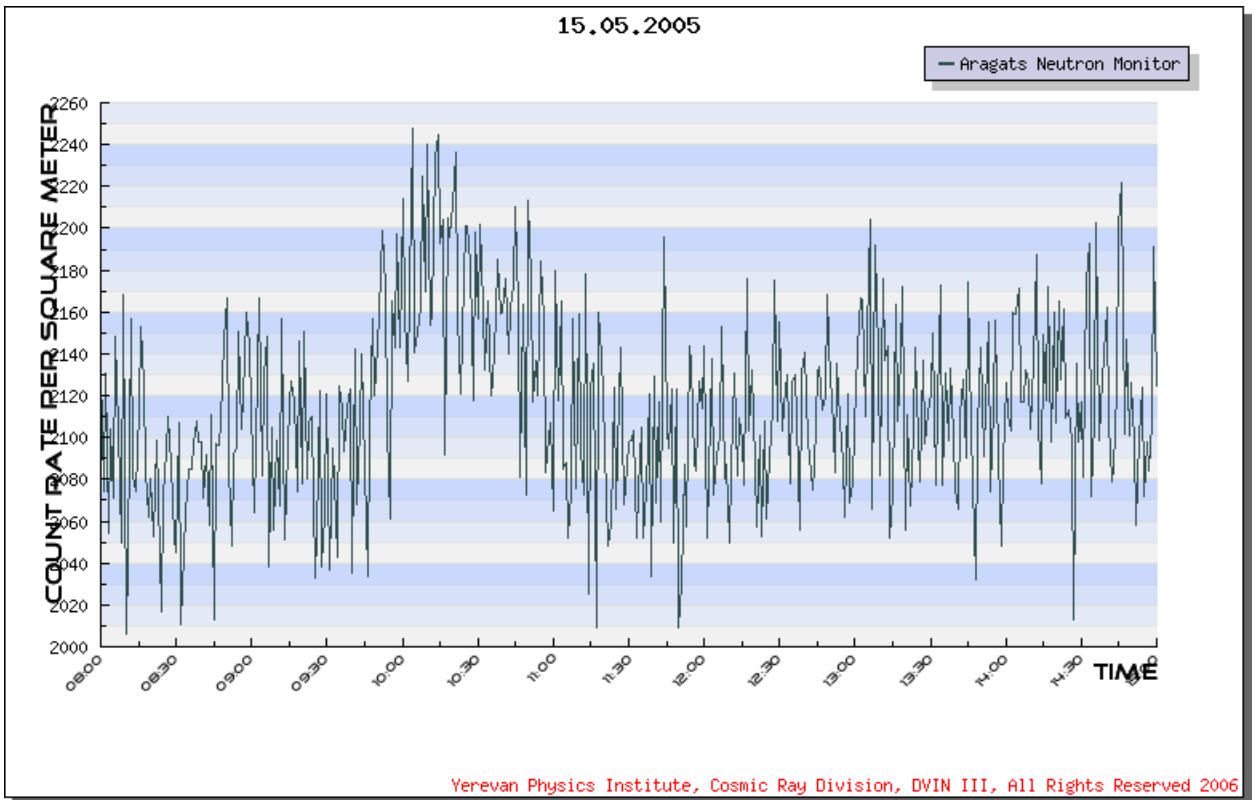


Նկ. 3 Արագածի Նեյտրոնային Մոնիտորի կառուցվածքը:



Yerevan Physics Institute, Cosmic Ray Division, DVIN III, All Rights Reserved 2006

Նկ. 4 DVIN3-ով ցույց է տրված 15.05.2005 օրվա Առագածի Նեյտրոնային Մոնիտորի ժամանակային շարքը:



Նկ. 5 Ցույց է տրված 08:00–15:00 տիրույթը:

ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Արագածի և Նոր-Ամբերդի տարրական մասնիկների գրանցիչ սարքերի ինֆորմացիան փոխանցվում է համակարգիչ, որից հետո տեղադրվում է ԵրՖԻ-ի ինտերնետային կայքում: Այդ ինֆորմացիայի պատկերային ներկայացման համար ստեղծվել է DVIN(Data Visualisation Interactive Network) ծրագրային փաթեթը, իսկ վերջերս տեղադրվել է DVIN ծրագրի նորացված՝ DVIN3 տարբերակը, որից էլ օգտվել եմ այս աշխատանքի ընթացում: Իսկ տվյալների անալիզի՝ մոտարկման ֆունկցիաները գտնելու, հավանականություններ հաշվելու համար օգտվել եմ ROOT ծրագրից:

Տվյալների անալիզի այս մեթոդի տեխնիկան հետևյալն է՝ մեր ժամանակային շարքը մոտարկում ենք 2 ֆունկցիաների գումար ֆունկցիայով: Այդ ֆունկցիաներից մեկը պետք է բնութագրի մեր ֆոնը, իսկ մյուսը՝ սիգնալը: Ֆոնը նկարագրող ֆունկցիան կվեցնենք 1 մինչև 3 աստիճանի բազմանդամ,

$$P(x) = A * x^3 + B * x^2 + C * x + D$$

իսկ սիգնալը նկարագրող ֆունկցիան՝ Գաուսյան կամ Լորենցիան՝

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{կամ} \quad L(x) = \frac{b}{(1+(\frac{x-c}{d})^2)^2} :$$

Ինչպես երևում է, բոլոր այս ֆունկցիաները կախված են ինչ-որ պարամետրերից, և մեր նպատակն է գտնել այդ պարամետրերի այն արժեքները, որոնց դեպքում այդ ֆունկցիաների գումարը լավագույն ձևով կնկարագրի մեր ժամանակային շարքը: Գաուսյան և Լորենցիան ֆունկցիաները ունեն յուրաքանչյուրը 3-ական պարամետր, որոնցից ամեն մեկը որոշում է մաքսիմումի ինչ-որ հատկություն՝ բարձրությունը, կոորդինատը, լայնությունը: Մոտարկելու համար մենք ինչ-որ սկզբնական արժեքներ պետք է տանք այդ պարամետրերին: Սկզբում բոլոր պարամետրերին կվերագրենք 1: Դրանից հետո ծրագիրը մոտարկում է մեր ժամանակային շարքը և վերադարձնում է տեսական կորի պարամետրերը:

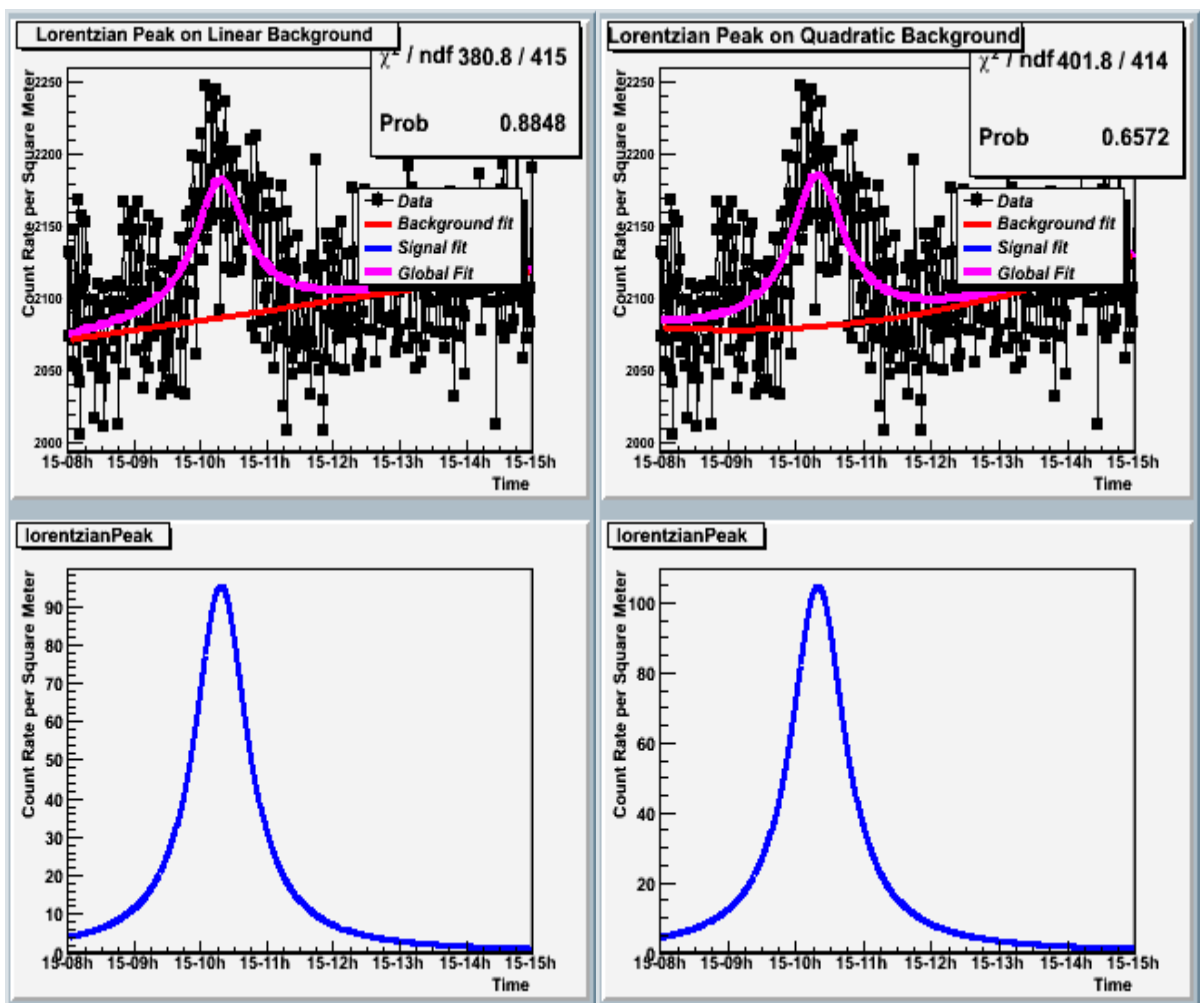
Հաշվարկները արել եմ ROOT ծրագրով, որը հնարավորություն է տալիս նաև գրաֆիկներ գծելու: Բացի դրանից նրա միջոցով հաշվել եմ χ^2 -ն, և Պիրսոնի հավանականությունները այն բանի, թե ինչքանով են

իրար մոտ փորձնական և մեր հաշված տեսական տվյալները: Ստորև բերում եմ բանաձևը, որով հաշվել եմ χ^2 -ն:

$$\chi_{\text{ՅՄ}}^2 = \sum_{k=1}^r \frac{(n_k - np_k)^2}{np_k},$$

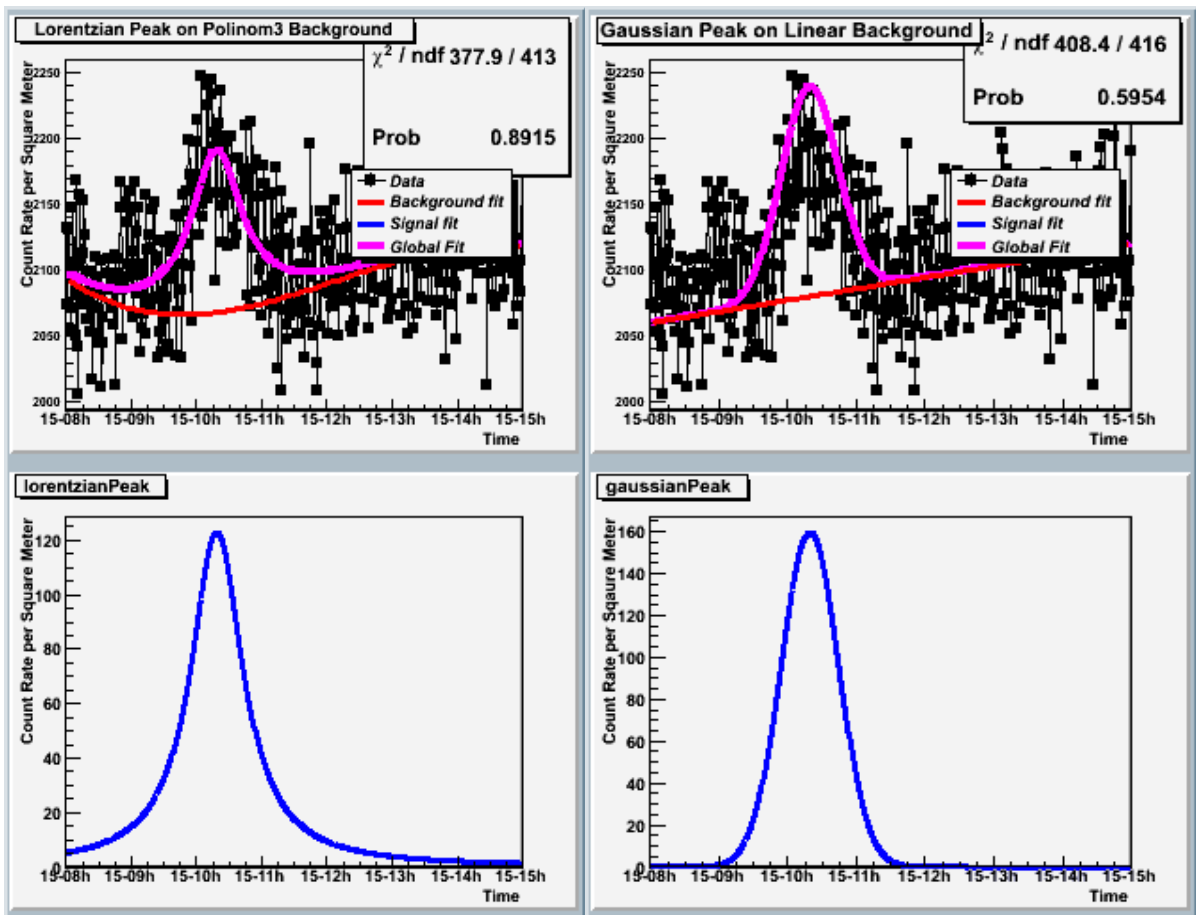
որտեղ r -ը բինների քանակն է, n -ը դեպքերի

քանակն է, P_k -ն տեսական հավանականությունն է այն բանի, որ մենք թիվ կունենանք k -րդ ինտերվալից, իսկ n_k -ն այդ ինտերվալի դեպքերի քանակն է: Կախված χ^2 -ուց և ազատության աստիճանների թվից, ROOT ծրագիրը հաշվում է նաև հավանականությունն այն բանի, թե մեր տեսական կորը ինչքան լավ է նկարագրում մեր տվյալները: Ստորև ցույց եմ տալիս գրաֆիկները:

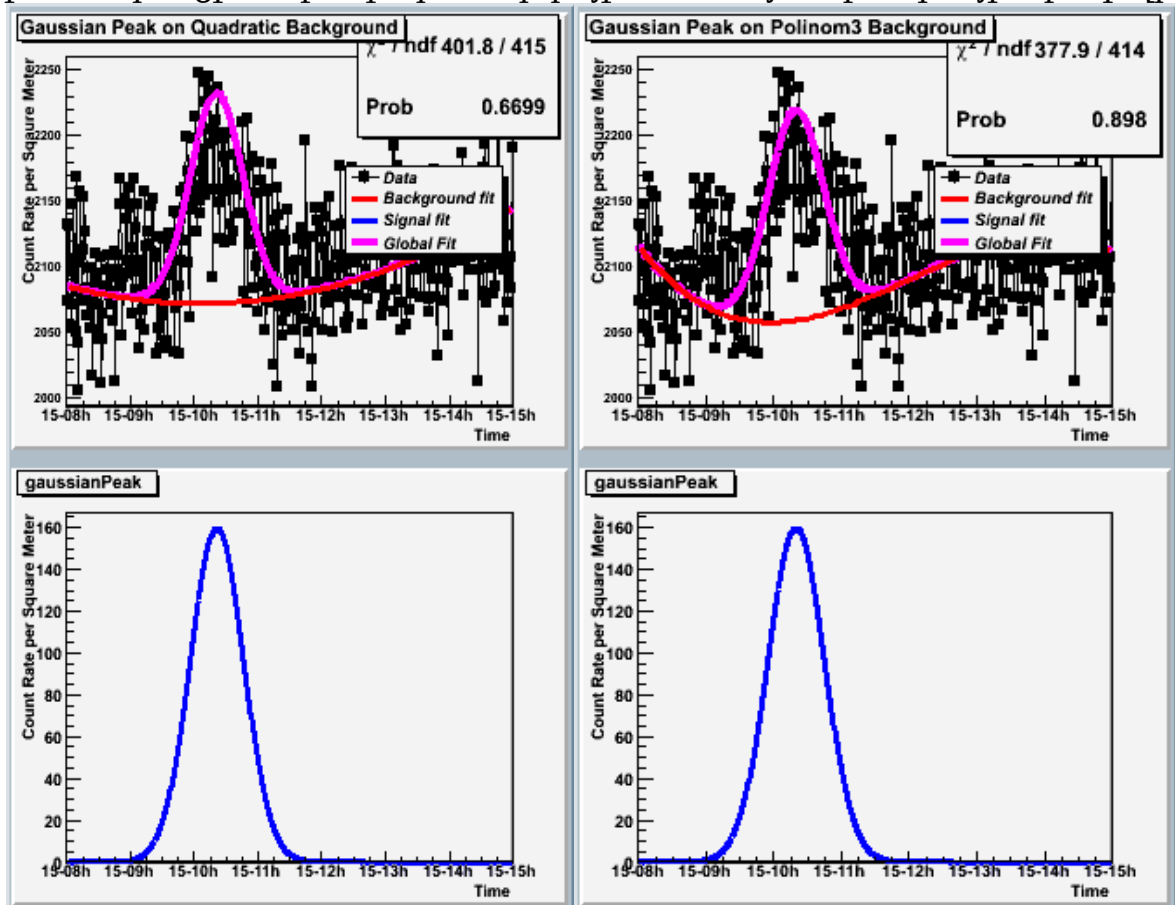


Նկ. 6,7 Լորենցիան ֆունկցիան գծային և քառակուսային ֆոնի վրա:

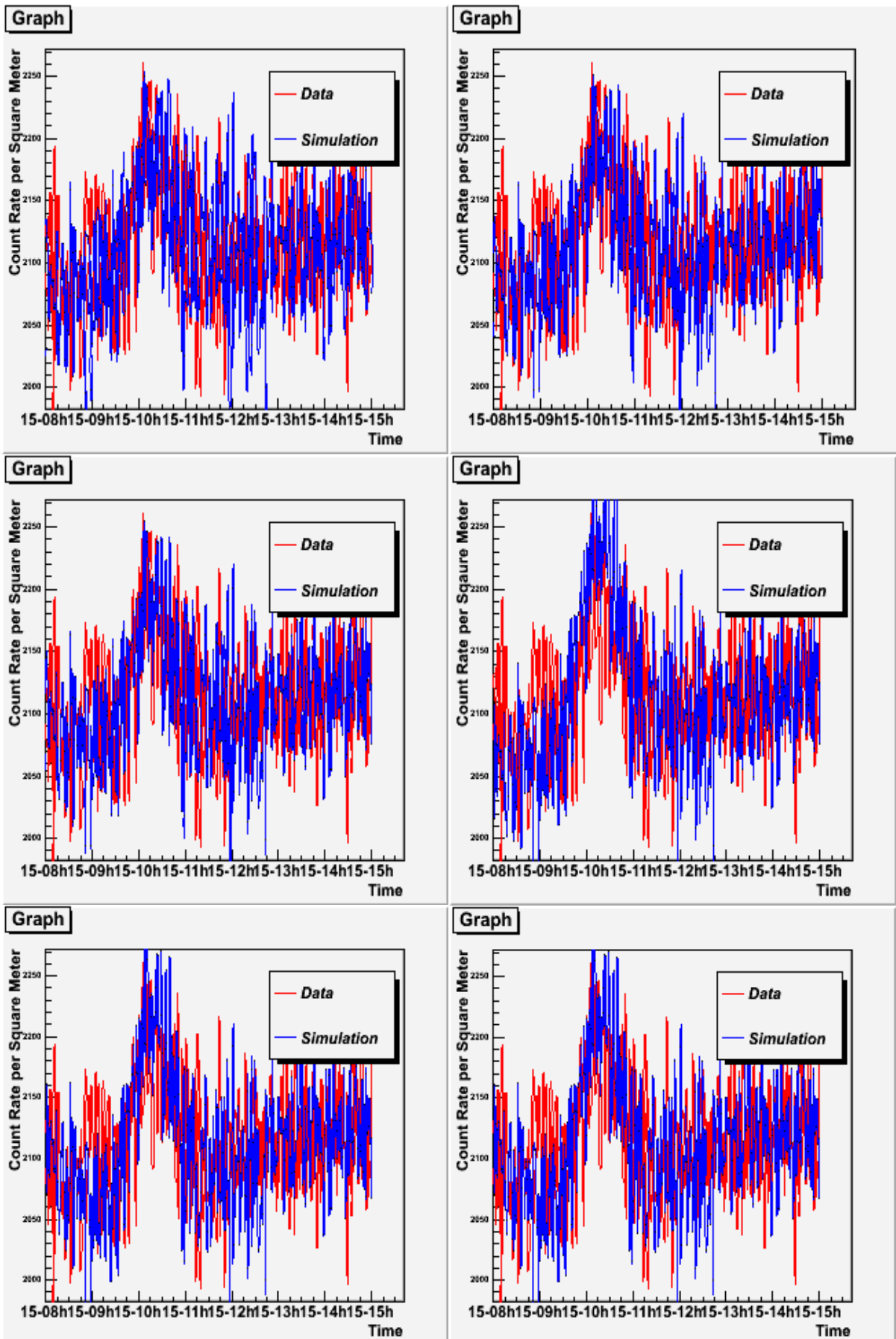
Այստեղ տեսական կորը փնտրել եմ որպես Լորենցիան ֆունկցիայի և գծային(Նկ. 6), քառակուսային(Նկ. 7) կամ էլ խորանարդային(Նկ. 8) բազմանդամների գումարի տեսքով: Իսկ 9,10 և 11 նկարներում Լորենցիան ֆունկցիայի փոխարեն վերցրել եմ Գաուսի ֆունկցիան: Բացի այդ, ըստ արդեն որոշված տեսական ֆունկցիաների տվյալ տիրույթի համար մոդելավորել եմ ժամանակային շարքը և համեմատել եմ այդ



Նկ. 7,8 Լորենցիան ֆ–ն խորանարդային, Գաուսյան ֆ–ն գծային ֆոնի վրա:



Նկ. 9,10 Գաուսյան ֆ–ն քառակուսային և խորանարդային ֆոնի վրա:



Նկ. 11-16 Մոդելավորված տվյալները համապատասխանաբար 6-10 գրաֆիկների համար:

տվյալները փորձնականի հետ՝ օգտագործելով Կոլմոգորով-Սմիրնովի չափանիշը: Մոդելավորված տվյալները ցույց են տալիս 11-16 գրաֆիկներում: Գտնելով մեր մոտարկած ֆունկցիայի պարամետրերը, օգտագործելով ROOT ծրագրի պատահական թվերի գներատորը՝ գներացրել են պատահական թվեր Գաուսյան բաշխումից՝ յուրաքանչյուր կետում որպես միջին վերցնելով ֆունկցիայի արժեքը այդ կետում: Դիսպերսիան վերցրել են սարքի միջին դիսպերսիան՝ 40:

Ինչպես արդեն ասացի, մոդելավորված և փորձնական տվյալների համար հաշվել են Կոլմոգորով-Սմիրնովի հավանականությունները, թե ինչքան են այդ պատահական մեծությունները իրար մոտ: Ստորև բերում են հավանականությունների աղյուսակ, որում ցույց են տալիս Պիրսոնի և Կոլմոգորով-Սմիրնովի հաշված հավանականությունները:

	Պիրսոն	Կոլմոգորով-Սմիրնով
Գաուս-1 կ.բ.	0.5954	0.0642495
Գաուս-2 կ.բ.	0.6699	0.0534879
Գաուս-3 կ.բ.	0.898	0.269362
Լորենց-1 կ.բ.	0.8848	0.881568
Լորենց-2 կ.բ.	0.6572	0.783347
Լորենց-3 կ.բ.	0.8915	0.881568

Պիրսոնի հավանականությունը ցույց էր տալիս, թե ինչքան լավ է նկարագրում մեր գտած տեսական ֆունկցիան ժամանակային շարքը, իսկ Կոլմոգորով-Սմիրնովի հավանականությունը՝ թե ինչքան են իրար մոտ ըստ այդ ֆունկցիայի մոդելավորած տվյալները գրացվածների հետ: Ինչպես երևում է աղյուսակից, ամենամեծ հավանականությունը երկու չափանիշներն էլ տալիս են այն դեպքում, երբ տեսական ֆունկցիան փնտրում ենք
$$F(x) = A * x^3 + B * x^2 + C * x + D + \frac{b}{(1 + (\frac{x-c}{d})^2)^2}$$
 տեսքով: Բայց

ըստ աղյուսակի գծային բազմանդամի դեպքում ստացված հավանականությունները շատ քիչ են տարբերվում լավագույն տվյալներից: Բացի դրանից, քանի որ ֆոնը մեր գրացվող տվյալներում հիմնականում գծային է, ապա կարելի է որպես վերջնական արդյունք որոնելի ֆունկցիան վերցնել գծային և Լորենցիան ֆունկցիաների գումար:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Այս աշխատանքում ես ներկայացրել եմ ժամանակային շարքերում գազաթնակետի որոնման մի մեթոդ, որը թույլ է տալիս տեսականորեն նկարագրել տիեզերական ճառագայթների ժամանակային շարքերը: Դիտարկել եմ 15.05.2005 օրվա ժամը 08:00-15:00 տիրույթում Արագածի Նեյտրոնային Մոնիտորի տվյալները: Մոտարկել եմ այդ տվյալները սարքեր ֆունկցիաներով և յուրաքանչյուրի համար օգտագործելով Պիրսոնի և Կոլմոգորով-Սմիրնովի չափանիշները՝ եկել եմ այն եզրակացության, որ տվյալ տիրույթը առավել լավ է նկարագրվում Լորենցիան և գծային բազմանդամի գումար ֆունկցիայով: