

კვანტური ფიზიკის და საინჟინრო ტექნოლოგიების ინსტიტუტი

**2015 წლის
სამეცნიერო ანგარიში**

სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი - ხვედელიძე არსენ

**I. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2015 წლისათვის
დაგეგმილი და შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები**

I. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	საქართველოს მონაწილეობა ცერნის CMS LHC ექსპერიმენტზე ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა	ზვიად წამალაიძე არსენ ხვედელიძე	<ol style="list-style-type: none"> 1. აბრამიშვილი რომან 2. ადამოვი გიორგი 3. ბალათურია იური 4. ლომიძე დავით 5. ლომიძე ირაკლი 6. თავხელიძე დავით 7. თიკაშვილი ბექარ 8. ტორიაშვილი თენგიზ 9. ფრანგიშვილი არჩილ 10. წამალაიძე ზვიად 11. ხვედელიძე არსენ

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2015 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგები

ძირითადი შედეგები:

- **ჯგუფის მონაწილეობა ცენტრალური და სუბდეტექტორების სეანსებში**
2015 წელს მონაწილეობა მივიღეთ DQM (Data Quality Monitor) ცენტრალურ შიფტებში. ჯამში დავაგროვეთ 72 ქულა (ერთი ავტორობისთვის მინიმალური ქულა არის 9). უნდა აღვნიშნოთ, რომ საქართველოს CMS-ს ცენტრალურ შიფტებში დაგროვილი ქულები გაიზარდა წიმნა წლებთან შედარებით 5-6 ჯერ.
ასევე მონაწილეობა მივიღეთ CMS-ის ცენტრალური კომპიუტერული ცენტრის მონაცემთა დამუშავებისა და სერტიფიცირების (RPC CAF, RPC DQM) შიფტებში, შესაბამისად ამ შიფტებში დავაგროვეთ 21 ქულა.
2015 წელში საერთო ქულათა რაოდენობა კი არის 93, რაც მიუთითებს ქართული ჯგუფის

სერიოზულ აქტიურობას.

• **ჯგუფის აქტიურობა CMS RPC GIF++ ლაბორატორიაში**

GIF++ წარმოადგენს ძლიერი ინტენსივობის გამა-კვანტების რადიაციულ ლაბორატორიას (^{137}CsI , 14 ტერაბეკერელი) და მიონური ნაკადის ერთობლიობას, რაც საშუალებას იძლევა გაიზომოს სხვადასხვა დეტექტორების (ძირითადად გაზურის) მახასიათებლები მაღალი ფონური დატვირთვის პირობებში. მიღებული მონაცემების ანალიზის საშუალებით ხდება როგორც LHC კოლაიდერზე ეხლა მომუშავე დეტექტორების სამუშაო პარამეტრების დაზუსტება, ასევე შემდეგი ეტაპისთვის პერსპექტიული დეტექტორების შერჩევა. ამავე დანადგარზე შეისწავლება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში დეტექტორებზე რადიაციით გამოწვეული ცვლილებები, ე.წ. „დაძველების“ ეფექტი (Aging effect).

• **შესრულებული სამუშაოების ჩამონათვალი:**

1. ჰაერის გაწმენდა/გაგრილების სისტემა GIF++-ში
2. კამერების ჰერმეტიკულობის რეკონსტრუქცია და ტესტირება.
3. RPC ტროლი 3-ის მოდიფიკაცია.
4. შეიქმნა უნივერსალური სადგამი კამერის გამოსაცდელად: როგორც ნაკადზე, ისე კოსმოსურ მიონებზე. სადგამზე მოთავსებულ კამერას შეუძლია ჰორიზონტალური ღერძის გარშემო ბრუნვა და ვერტიკალურად გადაადგილება. ეს საშუალებას იძლევა დანადგარზე მოთავსებული კამერა გამოიცადოს როგორც მიონების ნაკადის, ასევე კოსმოსური სხივების საშუალებით. ამავე დანადგარზე განთავსებულია ორი სცინტილაციური მთვლელი კოსმოსური მიონების ტრიგერისათვის. დადგენილია ამ მთვლელების სამუშაო მახასიათებლები.
5. მოხდა ერთ-ერთი არსებული სადგამის გადაკეთება ახალი ტიპის, უფრო მცირე ზომის ორმაგი წინაღობურშიანი და მინაბოჭკოვანი კამერებისთვის. მოდიფიცირებულ სადგამზე კამერებს შეუძლიათ ჰორიზონტალურად გადაადგილება, რაც აადვილებს მიონების ნაკადით მათ სკანირებას. სადგამები წარმატებით იქნა გამოყენებული GIF++ დანადგარზე 2015 წლის აგვისტოსა და ნოემბრის სეანსებზე.
6. მიონების ტრიგერის შექმნა RPC კამერებისთვის. სტანდარტული ტრიგერი (საერთოა მომუშავე ყველა ჯგუფისათვის) შედგება 14 მეტრით დაცილებული ორი სცინტილაციური მთვლელისგან, რაც ჩვენი კამერებისთვის არაა ოპტიმალური გეომეტრია. აგვისტოს სეანსზე, კამერებში მიონური ნაკადის უკეთ გამოყოფისათვის, სტანდარტული ტრიგერი RPC-სთვის რამდენადმე შეიცვალა - მას დაემატა მესამე, კამერების სიახლოვეს მოთავსებული უფრო მცირე ზომის სცინტილაციური მთვლელი. ამ სამი სცინტილატორის სიგნალების თანხვედრით მიღებული ტრიგერი გაცილებით უკეთესად გამოყოფს კამერაში გავლილ მიონებს, რაც აადვილებს შემდგომ ანალიზს. ამ ტრიგერს ნაწილობრივ

იყენებდნენ კათოდური სტრიპული კამერების და დრეიფული კამერების შესასწავლად.

7. **მიონების სტანდარტული ტრიგერის მოდიფიკაცია.** ნოემბრის სემინარზე სტანდარტული ტრიგერის ერთ-ერთი მოვლელი მწყობრიდან გამოვიდა, რამაც პრაქტიკულად შეუძლებელი გახადა GIF++ -ში მომუშავე თითქმის ყველა ჯგუფის საქმიანობა. მოკლე დროში აიწყო ახალი, დიდი ზომის სცინტილაციური მოვლელი, დადგინდა სამუშაო მახასიათებლები და ჩაირთო სისტემაში.
8. “NEAR” ტრიგერის გაკეთება და ანალიზი.
9. CAEN-ის დენების შესწავლა
10. **უკუდენების გამზომი სისტემის აწყობა.** კამერებში დენების უკეთესი სიზუსტით გაზომვის მიზნით შეიქმნა ე.წ. უკუდენების გაზომვის სისტემა - აიწყო და კამერებზე განთავსდა 24 გამზომი მოწყობილობა, დამზადდა 8 ცალი შემაერთებელი სადენი, შემოწმდა გამზომი მოწყობილობის პარამეტრები. უკუდენების გამზომი სისტემა მიუერთდა მონაცემთა წაკითხვის სისტემას. დაწყებულია მიღებული შედეგების ანალიზი.
11. დანადგარზე მიღებული მონაცემების ხარისხის შემოწმება ცენტრალურ DQM შიფტში-ში.
12. კომპტონის გაბნევის შესწავლა RPC კამერაში GIF++-ში.
13. 662 keV ენერგიებზე გამა კვანტების გაბნევის შესწავლა.
14. 662 keV-ი ენერგიის მქონე გამა კვანტების შესუსტების კოეფიციენტის შესწავლა.
15. უკუგაბნევის (Beckscattering) გამოთვლა ერთ ცენტრზე გაბნევის შემთხვევაში
16. მონაწილეობა GIF++ RPC ჯგუფის შეხვედრებში სადაც ხდება გაზომილი მონაცემების ანალიზი და ახალი გაზომვების დაგეგმვა

ახალგაზრდა მეცნიერის მიღწევა

სიამოვნებით უნდა ავლნიშნოთ, რომ ჩვენმა ახალგაზრდა თანამშრომელმა ირაკლი ლომიძემ გაიმარჯვა საკმაოდ რთულ კონკურსში “CERN Summer students programme 2015”. სადაც მონაწილეობდნენ ახალგაზრდები ისეთი ქვეყნებიდან, როგორცაა იაპონია, კანადა, ამერიკა, რუსეთი, და ყველა ცერნის არაწევრი ქვეყანა. ირაკლი ლომიძემ მიიღო ცერნის 2 თვიანი ვიზიტის სრული დაფინანსება. რეგიონიდან მხოლოდ საქართველო იყო წარმოდგენილი ირაკლის სახით. ჩვენმა სტუდენტმა საზაფხულო სკოლის ფარგლებში გამოცხადებულ პოსტერების სესიაში მიიღო მონაწილეობა, სადაც წარდგენილ პროექტებს შორის საბოლოოდ არჩეული იქნა 18 საუკეთესო პოსტერი (300-დან), რისთვისაც მოეწყო სპეციალური სესია/გამოფენა ცერნის ცენტრალურ ფოიეში. წარმოდგენილ ავტორებს შორის საუკეთესო ნაშრომის ავტორს ცერნის დირექტორმა ბ-ნ. როლფ ჰოიერმა გადასცა სპეციალური სერტიფიკატები, სიამაყით უნდა ავლნიშნოთ, რომ ირაკლი იყო ერთ-ერთი

დაჯილდოვებულთაგანი.

ქართული ჯგუფის აქტიურობის შეფასება 2015 წელს.

2015 წელი ქართული ჯგუფებისთვის იყო საკმაოდ ნაყოფიერი. კერძოდ ქართული ჯგუფი საკმაოდ ძლიერად დამკვიდრდა RPC-ში, როგორც ერთ-ერთი წამყვანი (იტალიელებთან ერთად) ჯგუფი, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მომავალ წელს

1. GIF++ სში ფიზიკური ამოცანის დასახვა და განხორციელების პასუხისმგებლობა მთლიანად მოექცა ქართული ჯგუფის დაქვემდებარებაში (ხელმძღვანელი ი. ბაღათურია).
2. GIF++ სში გაზომილი პარამეტრების შემდგომი ანალიზისათვის მომზადება და უკანა დენების ანალიზი დაევალა ი. ლომიძეს
3. RPC ცენტრალური DCS დეტექტორ კონტროლ სისტემის მეინტენანსი დაევალა გ. ადამოვს
4. RPC სისტემის ფაზა 2-ის აბგრიდისათვის, დეტექტორის GEANT-4 სიმულაციის ჯგუფს შეუერთდა რ. აბრამიშვილი
5. RPC DQM გამართული მუშაობა და ადაპტაცია ახალი ლუმინოსიტისათვის დაევალა ქართულ ჯგუფს (ხელმძღვანელი დ. ლომიძე)

საქართველოს მიერ გაღებული ხარჯები სრულად შეესაბამება შესრულებულ სამუშაოებს, რომელიც საშუალებას აძლევს ქართველ მეცნიერებს ღირსეული მონაწილეობა მიიღონ თანამედროვეობის ერთ-ერთ უდიდეს ექსპერიმენტში, რომელიც აძლევს მათ საშუალებას შეიძინონ სერიოზული ცოდნა სხვადასხვა მიმართულებით (პროგრამირება, ელექტრონიკა, IT -ტექნოლოგიები, ექსპერიმენტული ფიზიკის მეთოდები, და ასე შემდეგ) აიმაღლონ კვალიფიკაცია, იმუშაონ მსოფლიოს წამყვან მეცნიერთა გვერდით და შემდეგ კი ცოდნა და გამოცდილება გაუზიარონ ქართველ სტუდენტებს, და ახალგაზრდა სპეციალისტებს საქართველოში.

2016 წლის გეგმები

სავალდებულო სეანსებში და სერვის სამუშაოებში (service work) მონაწილეობა

- მომავალ წელს უნდა ავიღოთ მინიმუმ 10 ცენტრალური სეანსი (DQM shift). ამისათვის შიფტში მონაწილე უნდა გაიაროს სავარჯიშო კურსები, ამიტომ ამ სამუშაოს შესრულებისათვის საჭიროა 1 თვით ცერნში ყოფნა.

- HCAL სერვის სამუშაოები + სეანსები – 5 თვე.
- RPC სერვის სამუშაოები + სეანსები -5 თვე
- RPC-ს R&D პროგრამაში მონაწილეობა, მოდელირება, პროტოტიპის შექმნაში მონაწილეობა, ნაკადზე გაზომვა, ანალიზი - 5 თვე

2015 წელს ტექნიკურ უნივერსიტეტსა და აიოვას უნივერსიტეტს შორის ხელი მოეწერა თანამშრომლობის მემორანდუმს (MoU). უნდა აღინიშნოს, რომ აიოვას უნივერსიტეტი არის CMS კოლაბორაციის ერთ-ერთი ლიდერი და წამყვანი წევრი. ხელშეკრულების ფარგლებში იგეგმება მჭიდრო თანამშრომლობა აიოვას უნივერსიტეტთან უახლოესი ტიპის უნიკალური (რომლის მსგავსი ჯერ არ შექმნილა) და უნივერსალური (რომელიც არის როგორც ელექტრომაგნიტური ისე ადრონული კალორიმეტრი) HGC (High Granularity Calorimeter) კალორიმეტრის შექმნაში მონაწილეობის მიღება. უნდა ავლნიშნოთ, HGC კალორიმეტრი უნდა შეიქმნას 2016-2021 წლებში. ამ კალორიმეტრის შექმნას აქვს ძალიან დიდი მნიშვნელობა (შეიძლება ითქვას გადამწყვეტი) CMS კოლაბორაციისთვის. HGC კალორიმეტრის ინტეგრაცია არსებულ სისტემაში დაგეგმილია 2021-2022 წლებში, რა დროსაც ამჩქარებელს ექნება მაქსიმალური სიკაშკაშე და რეკორდული ენერჯია მასათა ცენტრის სისტემაში.

- **აქტიურობა HGC კალორიმეტრის შექმნაში (4 თვე)**
 - იმის გამო, რომ HGC კალორიმეტრის შექმნის პროცესი არის დასაწყისში, და მომავალ წლიდან დაიწყება დიზაინის შექმნა, ეს გვაძლევს საშუალებას, რომ ამ სამუშაოებში მიიღონ მონაწილეობა ჩვენმა სპეციალისტებმა (ინჟინრებმა, კონსტრუქტორებმა) ტექნიკური უნივერსიტეტიდან.
 - HGC კალორიმეტრთან დაკავშირებით მომავალ წელს იგეგმება კონკრეტულ საქმეებზე გაფორმდეს დამატებითი ხელშეკრულება (ძირითადი ხელშეკრულების ფარგლებში) აიოვას უნივერსიტეტთან.
- დღეს ჩვენი პრობლემა არის ნიჭიერი ახალგაზრდა ფიზიკოს მეცნიერთა დეფიციტი. ჩვენ ვმუშაობთ სერიოზულად ამაზე, და უახლოეს პერიოდში ჩვენ ჯგუფს დაემატება რამდენიმე ახალგაზრდა მეცნიერი. აქედან გამომდინარე უახლოეს პერიოდში შეიქმნება ანალიზის ჯგუფი. თუმცა (როგორც ანგარიშიდან ჩანს) უნდა ავლნიშნო, რომ საკმაოდ აქტიურები ვართ RPC-ს software -ში.

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

სტატიები

2015 წელს გამოქვეყნებული იქნა დაახლოებით 150-მდე სტატია, უმაღლესი რეიტინგის რეფერირებულ ჟურნალებში, რომლებშიც ავტორებად ფიგურირებენ ქვემოთ ჩამოთვლილი მეცნიერები. ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია, მხოლოდ ნაწილი 2015 წელში გამოქვეყნებული შრომების.

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ბაღათურია იური	ნაშრომები გამოქვეყნებული იყო შემდეგ ავტორიტეტულ რეფერირებულ ჟურნალებში: 1. Phys.Rev 2. Phys.Lett 3. Phys.Rev.Lett 4. JINST 5. JHEP 6. Eur. Phys. J. 7. Nature	1. JHEP01(2016)079	Germany, Berlin, Springer	46
2	ლომიძე დავით		2. JHEP12(2015)178	Germany, Berlin, Springer	37
3	ტორიაშვილი თენგიზ		3. Eur. Phys. J. C (2016) 76:13	Germany, Berlin, Springer	31
4	რურუა ლალი		4. Physics Letters B 752 (2016) 221–246	Netherland, Elsevier	26
5	წამალაიძე ზვიად		5. Physics Letters B 753 (2016) 424–448	Netherland, Elsevier	25
6	ხვედელიძე არსენ		6. JHEP09(2015)137	Germany, Berlin, Springer	33
			7. Physics Letters B 753 (2016) 341–362	Netherland, Elsevier	22
			Netherland,		

			8. PHYSICAL REVIEW D 92, 072006 (2015)	Elsevier	23
			9. Physics Letters B 753 (2016) 363–388	Netherland, Elsevier	26
			10. PHYSICAL REVIEW D 93, 012001 (2016)	Netherland, Elsevier	35
			11. Physics Letters B 750 (2015) 494–519	Netherland, Elsevier	26
			12. PHYSICAL REVIEW D 92, 032008 (2015)	Netherland, Elsevier	26
			13. Physics Letters B 752 (2016) 146–168	Netherland, Elsevier	23
			14. JHEP09(2015)201	Germany, Berlin, Springer	37
			15. JHEP10(2015)128	Germany, Berlin, Springer	46
			16. Physics Letters B 748 (2015) 221–243	Netherland, Elsevier	23
			17. JHEP07(2015)042	Germany, Berlin, Springer	44
			18. JHEP06(2015)116	Germany, Berlin, Springer	65
			19. PHYSICAL REVIEW C 92, 034911 (2015)	Netherland, Elsevier	26