

004 საინფორმაციო ტექნოლოგიები. კომპიუტერული ტექნოლოგიები.
გამოთვლითი ტექნიკა. მონაცემთა დამუშავება

რადიაციის და შთანთქმის სიგრძის გამოყენება ATLAS-ის დეტექტორის გეომეტრიული აღწერების შედარებით ანალიზში

ალექსანდრე შარმაზანაშვილი ¹, არჩილ სურმავა ², ნიკო ცუცქერიძე ³,
ბესიკ კეკელია ⁴

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი info@gtu.ge

რეზიუმე

სიმულაცია არის რეალური პროცესის ან სისტემის მუშაობის მოდელირება კომპიუტინგის მეთოდებით. სიმულაცია გამოიყენება სხვადასხვა კონტექსტით, როგორცაა ტექნოლოგიების წარმადობის ოპტიმიზაცია, საინჟინრო უსაფრთხოება, ტესტირება, სამეცნიერო კვლევა, შემცნება, ვიდეო თამაშები [1].

სიმულაციას მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში (CERN), ჟენევა, შვეიცარია, სამეცნიერო კვლევების ჩატარებაში. ერთერთ ასეთ ექსპერიმენტს წარმოადგენს ATLAS-ი რომელშიც სიმულაცია ხორციელდება GEANT-4 პლატფორმის მეშვეობით. GEANT-4-ის ერთერთ ძირითად შესასვლელ პარამეტრს წარმოადგენს დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები. მათი სიზუსტე მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს სიმულაციის ადეკვატურობას. სტატიაში განხილულია გეომეტრიული აღწერების შედარებითი ანალიზის მეთოდი რადიაციისა და შთანთქმის სიგრძის კალკულაციების ბაზაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვლენილ იქნას აღწერებს შორის ცდომილებები რომელთაც შეუძლიათ მნიშვნელოვანი ზეგავლენა იქონიონ სიმულაციის სიზუსტეზე და კვლევის შედეგების ადეკვატურობაზე.

საკვანძო სიტყვები: ცერნი, ატლასი, რადიაციის სიგრძე, შთანთქმის სიგრძე, სიმულაცია, CATIA V5.

I. შესავალი

დღესდღეობით ცერნში არსებული დიდი ადრონული კოალიდერი (LHC) წარმოადგენს მსოფლიოში ყველაზე დიდ ადრონულ ამაჩქარებელს, სადაც მიმდინარეობს პროტონების აჩქარება, დაჯახება და დაჯახების შედეგად გაფანტული ნაწილაკების თვისებების შესწავლა. LHC-ზე განთავსებულია ოთხი ძირითადი ექსპერიმენტი - ATLAS, CMS, ALICE და LHCb, სადაც მიმდინარეობს ნაწილაკებზე დაკვირვება და გამოკვლევა.

ჩვენს სამიზნე ობიექტს წარმოადგენს ATLAS ექსპერიმენტი, რომელიც სხვა ექსპერიმენტებისგან განსხვავდება ნაწილაკების დეტექტირების პრინციპით, დეტექტორის სიდიდითა და კომპლექსურობით.

ATLAS-ის დეტექტორში რეალურ ექსპერიმენტთან ერთად ხორციელდება ექსპერიმენტის პროცესების სიმულაცია. ამისათვის გამოყენებულია Geant4-ის პლატფორმა. შესაბამისად, არსებობს მოდელირებული დეტექტორი და ასევე ნაწილაკების მოდელირებული გაზნევა, რომელიც მიიღება მონტეკარლოს მეთოდზე დაფუძნებული გენერატორებით. ATLAS ექსპერიმენტის სიმულაციის პროცესში, ერთერთ სირთულეს წარმოადგენს დეტექტორის გეომეტრიული მოდელის შექმნა და იმპლემენტაცია, რადგან რეალური დეტექტორი ძალიან კომპლექსურ ანაწყოებს წარმოადგენს და მისი მოდელირება სიმულაციის პროცესისთვის დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. კერძოდ, იმ შემთხვევაში თუ მოხდება დეტექტორის კომპონენტების დეტალური გეომეტრიული აღწერებით მოდელირება, ეს ნეგატიურად აისახება სიმულაციის პროცესის წარმადობაზე. შესაბამისად, უნდა მოხდეს გეომეტრიული აღწერების გამარტივება ისე, რომ შენარჩუნდეს მაღალი წარმადობა და იმავდროულად გამარტივებამ არ იმოქმედოს სიმულაციის პროცესიდან მიღებული შედეგების ადეკვატურობაზე.

რეალური და მოდელირებული ექსპერიმენტებისათვის შესასვლელი ინფორმაცია იდენტურია, შესაბამისად ექსპერიმენტებიდან მიღებული მონაცემები უნდა იყვნენ ასევე იდენტური, თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში ესე არ არის. ამის გამომწვევი ძირითადი მიზეზი არის მოდელირების პაკეტებში არსებული გეომეტრიული აღწერები, რომლებიც არ შეესაბამება რეალურს. ამრიგად, სიმულაციის პაკეტებში გამოყენებული დეტექტორის გეომეტრიული აღწერების სიზუსტის ანალიზი წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას.

II. მეთოდის აღწერა

დეტექტორის გეომეტრიული აღწერების სიზუსტის გამოსაკვლევად საჭიროა ე.წ. შედარებითი ანალიზის ჩატარება სიმულაციაში გამოყენებულ გეომეტრიებსა და მის ანალოგ დეტალურ გეომეტრიებზე. სიმულაციის გეომეტრიები აღწერილია GEANT-4-ის gdmf ფაილებში, ხოლო დეტალური გეომეტრიები, CATIA-ს საინჟინრო SmarTeam ბაზებში.

ამრიგად, შედარებითი ანალიზისათვის შესაძლებელია გამოიყოს შემდეგი ეტაპები და მიმდევრობა [2]:

- I. დეტალური გეომეტრიული აღწერის მოძიება SmarTeam საინჟინრო ბაზაში
- II. დეტალური გეომეტრიის ანალიზი და რეპროდუცირება ნახაზების მიხედვით
- III. საკვლევი გეომეტრიის მოძიება GEANT-4-ის gdmf ბაზაში და ცალკე ფაილად შენახვა
- IV. SmarTeam-ის და GEANT-4 გეომეტრიების ჩატვირთვა CATIA-ს პროექტში
- V. შედარებითი ანალიზის ჩატარება
- VI. ტექნიკური ანგარიშის მომზადება.

მე-5 ეტაპზე შედარებითი ანალიზის ჩატარებისას საკვლევი აღწერები პირველ რიგში მოწმდება მასისა და მოცულობის მიხედვით, რათა შესწავლილ იქნას ექვივალენტური მასალის განაწილება სივრცეში, როგორც პოზიციონირების ასევე გეომეტრიული პარამეტრების თვალსაზრისით. ამისათვის უნდა შემოწმდეს გამოყენებული მასალების და სტრუქტურების თანხვედრა. აღნიშნული ანალიზის ჩასატარებლად შესაძლებელია CATIA/DMU მოდულების გამოყენება.

შედარებითი ანალიზის მეორე ეტაპზე მოწმდება საკვლევი აღწერების მსგავსება X_0 -რადიაციის სიგრძისა და -შთანთქმის სიგრძის მახასიათებლების მიხედვით.

X_0 -რადიაციის სიგრძე არის მასალის მახასიათებელი, რომელიც დაკავშირებულია მაღალი ენერგიის მქონე ნაწილაკების ენერგიის დაკარგვასთან, მასთან ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების გზით. კონკრეტულად, მასალის რადიაციის სიგრძე არის საშუალო სიგრძე (სმ), რომელიც საჭიროა ელექტრონის ენერგიის შესამცირებლად $1/e$ ფაქტორიალით [3].

X_0 -რადიაციის სიგრძე გამოითვლება ფორმულით:

$$X_0 = \frac{716.4}{Z(Z + 1) \ln \frac{287}{\sqrt{Z}}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \quad (1)$$

სადაც Z არის მასალის ატომური ნომერი. აღნიშნული ფორმულით რადიაციის სიგრძე მიიღება $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, რომლის cm^{-3} -ში გადაყვანა ხდება მიღებული მნიშვნელობის გაყოფით მასალის სიმკვრივეზე.

მენდელეევის სისტემაში არსებული ელემენტებისათვის რადიაციის სიგრძე უკვე დათვლილია ნაწილაკების მონაცემთა ჯგუფის (Particle Data Group) მიერ [4]. აქ ნაჩვენებია მონაცემების უმრავლესობა მიღებულია ექსპერიმენტული გზით. მაგალითად,

Atomic and nuclear properties of aluminum (Al)

Quantity	Value	Units	Value	Units
Atomic number	13			
Atomic mass	26.9815385(7)	$\text{g} \cdot \text{mole}^{-1}$		
Specific gravity	2.899	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		
Mean excitation energy	166.0	eV		
Minimum ionization	1.615	$\text{MeV} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^2$	4.358	$\text{MeV} \cdot \text{cm}^{-1}$
Nuclear collision length	69.7	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	25.82	cm
Nuclear interaction length	107.2	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	39.70	cm
Pion collision length	95.6	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	35.41	cm
Pion interaction length	136.7	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	50.64	cm
Radiation length	24.01	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	8.897	cm
Critical energy	42.70	MeV (for e^+)	41.48	MeV (for e^-)
Molal radius	11.93	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$	4.419	cm
Plasma energy $\hbar\omega_p$	32.80	eV		
Moon critical energy	612	GeV		
Melting point	933.5	K	660.3	C
Boiling point @ 1 atm	2792	K	2519	C

ცხრილი 1. რ ა დ ი ა ც ი ა ს ი გ რ ძ ი ს

მ ა ჩ რ ე ნ ე ბ ი ლ ი ა ლ უ მ ი ნ ი ს ა თ ე რ ი ს

ცხრილი1-ზე მოცემულია ალუმინის ატომური და ბირთვული მახასიათებლები.

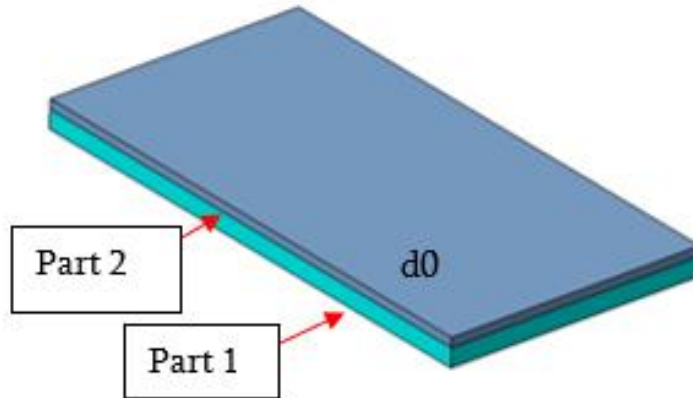
$$\frac{dopo}{X_0} = \frac{d1p1}{X1} + \frac{d2p2}{X2} + \dots$$

$$do = d1 + d2$$

$$dopo = d1p1 + d2p2$$

როგორც ცხრილიდან ჩანს ალუმინის რადიაციის სიგრძე არის 8.897 სმ. იმ შემთხვევაში, თუ მოცემულია ორი ან მეტი მასალის ერთობლიობა სურ.1, მაშინ საჭიროა დამატებითი გამოთვლები. მაგალითად თუ მოცემულია ორი გეომეტრიული პრიმიტივი და საჭიროა

მათი საერთო რადიაციის სიგრძის გამოთვლა, მაშინ შეიძლება გამოყენებულ იქნას შემდეგი ფორმულები:



სურ.1 საერთო რადიაციის სიგრძის დათვლის ფორმულა

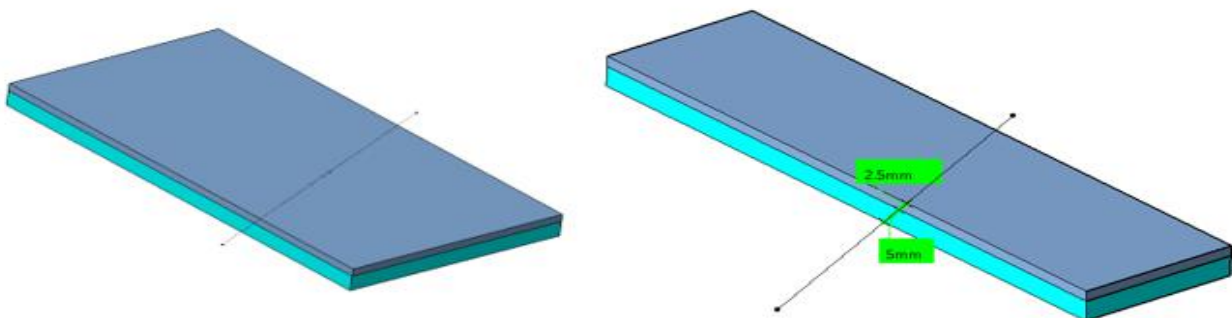
სადაც: d_1/d_2 არის Part 1/Part 2 მოცულობაში ნაწილაკის გავლილი მანძილი
 X_1/X_2 არის Part 1/Part 2 გეომეტრიული აღწერის რადიაციის სიგრძე
 p_1/p_2 არის Part 1/Part 2 გეომეტრიული აღწერის სიმკვრივე.

აღნიშნული ფორმულის საშუალებით შესაძლებელია X_0 საერთო რადიაციის სიგრძის დათვლა მოცემული 2 გეომეტრიული პრიმიტივისათვის.

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც მოცემული გვაქვს Part 1 და Part 2 გეომეტრიული აღწერები შემდეგი მახასიათებლებით:

1. Part 1-ის სისქეა 4 მმ და დამზადებულია რკინისგან. რკინის სიმკვრივე არის 7,87 გ.სმ⁻³, ხოლო რადიაციის სიგრძე 13.84 გ.სმ⁻² [5]
2. Part 2-ის სისქეა 2 მმ და დამზადებულია ალუმინისგან. როგორც სურ. 4.-დან ჩანს, ალუმინის სიმკვრივე არის 2.699 გ.სმ⁻³, რადიაციის სიგრძე კი 24.01 გ.სმ⁻².

დავუშვათ, რომ Part 1/Part 2 გეომეტრიულ მოდელებს ნაწილაკი კვეთს სურ.2-ზე მოცემული ტრაექტორიით. მაშინ, Part 1 ის შემთხვევაში ნაწილაკი მას გადაკვეთს 5მმ სიგრძით, ხოლო Part 2 ის შემთხვევაში 2.5მმ სიგრძით.



სურ.2 გეომეტრიულ აღწერაში

აღნიშნული შემთხვევისათვის რადიაციის სიგრძე დაითვლება შემდეგნაირად:

$$\frac{dopo}{Xo} = \frac{d1p1}{X1} + \frac{d2p2}{X2}$$

$$dopo = d1p1 + d2p2$$

$$d1p1 = 0.5 * 2.699 = 1.3495$$

$$d2p2 = 5 * 7.87 = 39.35$$

$$dopo = 1.3495 + 39.35 = 40.6995$$

$$\frac{40.7}{Xo} = \frac{1.3495}{24.01} + \frac{39.35}{13.8}$$

$$Xo = (24.01 * 13.8 * 40.6995) / (24.01 * 39.35 + 13.8 * 1.3495) = 14.0371 \text{ g.cm}^{-2} \quad (2)$$

როგორც მიღებული შედეგიდან ჩანს, 4მმ იანი რკინისა და 2 მმ იანი ალუმინის საერთო რადიაციის სიგრძე არის 14.04 g.cm⁻².

ასევე არის შემთხვევები, როდესაც ერთი გეომეტრიული მოდელისათვის გამოიყენება შედგენილი მასალა. მაგალითად უჟანგავი ფოლადი. ATLAS-ის დეტექტორის სიმულაციაში გამოყენებული მასალების მონაცემთა ბაზის მიხედვით უჟანგავი ფოლადი მიიღება რკინის, ნიკელის და ქრომიუმის შენაერთისგან ცხრ.2 [6].

მასალა	სიმკვრივე (g/cm ³)	კომპონენტები	ფრაქცია
უჟანგავი ფოლადი (SSteel)	7.87	ნიკელი	0.08
		ქრომიუმი	0.18
		რკინა	0.74

ცხრ.2 უჟანგავი ფოლადის შემადგენელი კომპონენტები

ასეთ შემთხვევაში რადიაციის სიგრძე გამოითვლება ფორმულით:

$$\frac{1}{Xo} = \frac{m1}{X1} + \frac{m2}{X2} + \dots$$

სადაც m1, m2 ... შედგენილ მასალაში შემავალი კომპონენტების ფრაქციებია, ხოლო X₁, X₂ ... კი მათი რადიაციის სიგრძეები.

აღნიშნული ფორმულის მიხედვით უჟანგავი ფოლადისათვის რადიაციის სიგრძე არის

$$\frac{1}{Xo} = \frac{m1}{X1} + \frac{m2}{X2} + \frac{m3}{X3}$$

$$\frac{m1}{X1} = \frac{0.08}{12.68} = 0.00631$$

$$\frac{m2}{X2} = \frac{0.18}{14.94} = 0.012$$

$$\frac{m3}{X3} = \frac{0.74}{13.84} = 0.0535$$

$$Xo = 1 / (0.0063 + 0.0121 + 0.0535) = 13.92 \text{ g.cm}^{-2}$$

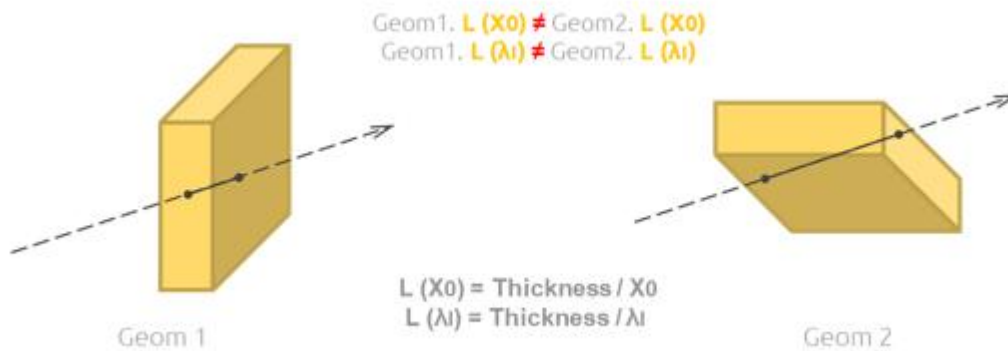
$$13.92 \text{ g.cm}^{-2} / 7.87 \text{ g/cm}^3 = 1.77 \text{ cm} \quad (3)$$

ფორმულიდან ვლუბლობთ რომ უჯანგავი ფოლადის რადიაციის სიგრძე არის 1.77 cm.

აღნიშნული ფორმულების გამოყენება შესაძლებელია შთანთქმის სიგრძის λ_i შემთქვევაშიც.

ამრიგად, შედარებითი ანალიზის მეთოდში რადიაციის და შთანთქმის სიგრძეების გამოთვლას ეფექტურ შედეგამდე მივყავართ. თუ განვიხილავთ ორ გეომეტრიულ აღწერას რომლებსაც ერთნაირი მოცულობა და მასა აქვთ, მაგრამ განსხვავდებიან ფორმით, ან სივრცეში პოზიციონირებით, მაშინ მათი რადიაციის და შთანთქმის სიგრძეები ერთნაირი არ იქნება, რადგან მათში გავლილი ნაწილაკი სხვადასხვა სიგრძის კვალს დატოვებს. შედეგად, ვიღებთ რადიაციის/შთანთქმის სიგრძეების კოეფიციენტების სხვადასხვა მნიშვნელობებს (სურ.3).

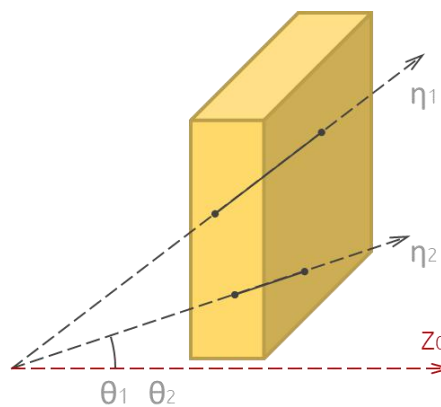
აქედან გამომდინარე ATLAS-ის სიმულაციის გეომეტრიული აღწერების გამოკვლევისათვის უფრო მნიშვნელოვანია რადიაციის/შთანთქმის სიგრძეების



სურ.3 რადიაციის და შთანთქმის სიგრძეების დამოკიდებულება გეომეტრიულ აღწერაზე

ანალიზი ვიდრე მოცულობისა და მასის მიხედვით ანალიზი.

θ	η	θ	η
0°	∞	180°	$-\infty$
0.1°	7.04	179.9°	-7.04
0.5°	5.43	179.5°	-5.43
1°	4.74	179°	-4.74
2°	4.05	178°	-4.05
5°	3.13	175°	-3.13
10°	2.44	170°	-2.44
20°	1.74	160°	-1.74
30°	1.32	150°	-1.32
45°	0.88	135°	-0.88
60°	0.55	120°	-0.55
80°	0.175	100°	-0.175
90°	0		

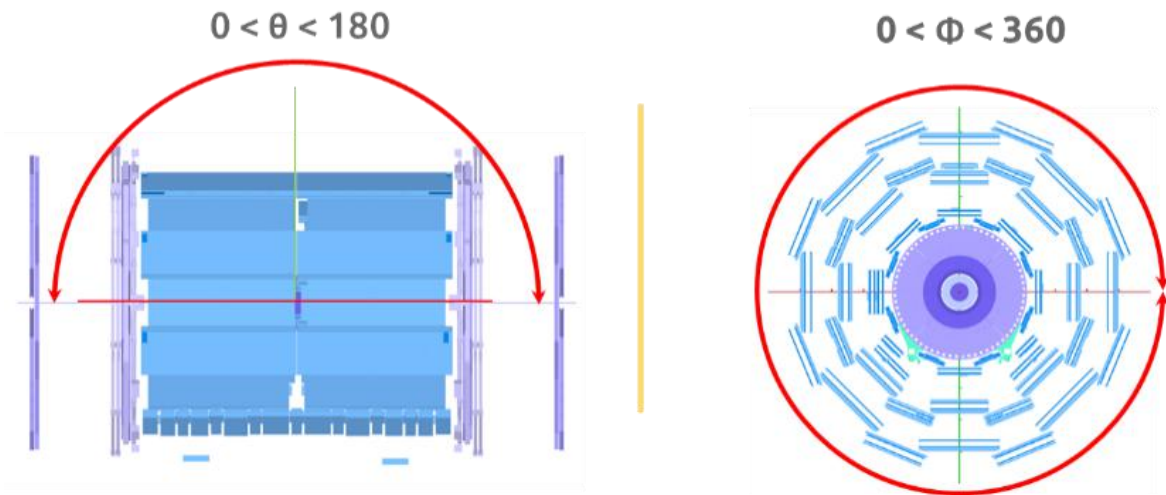


სურ.4 ფსევდო-სისწრაფე

ამისათვის გასათვალისწინებელია დამხმარე პარამეტრების შემოტანა - ფსევდო-სისწრაფე(Pseudorapidity - (ეტა) η) და კუთხეები (თეტა) θ და (ფი) Φ (სურ.4).

ფსევდო-სისწრაფე არის მახასიათებელი რომელიც იცვლება 0-დან უსასრულობამდე და დამოკიდებულია თეტა კუთხეზე. თეტა კუთხე კი არის დეტექტორში პროტონების ნაკადიდან გადახრა. შესაბამისად η -ს მნიშვნელობა დიდ გავლენას ახდენს რადიაციის და შთანთქმის სიგრძეების მნიშვნელობებზე.

θ - კუთხის დიაპაზონია 0–180 გრადუსი, ხოლო Φ კუთხის - 0-360 გრადუსი, რაც საკმარისია იმისთვის რომ დეტექტორის ნებისმიერ წერტილში შესაძლებელი იყოს რადიაციის და შთანთქმის სიგრძის გამოთვლა (სურ.5).



სურ.5 θ და Φ კუთხეების დიაპაზონი

III. კალორიმეტრის ტუმბოს გამოკვლევა

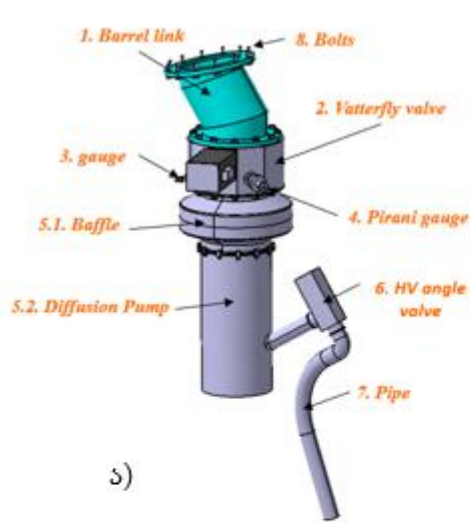
ზემოთ აღწერილი მეთოდის გამოყენებით ATLAS ექსპერიმენტის Tile კალორიმეტრის ჯგუფისთვის ჩატარდა კალორიმეტრის ტუმბოს გეომეტრიული აღწერების შედარებითი ანალიზი სიმულაციის შედეგების სრულყოფის მიზნით.

პირველ ეტაპზე განხორციელდა Smarteam საინჟინრო ბაზიდან კალორიმეტრის ტუმბოს გეომეტრიული აღწერის მოძიება და ანალიზი. ანალიზმა ცხადჰყო რომ არსებული აღწერა არ იყო სრული და დეტალური, ამიტომ განხორციელდა მისი რეპროდუცირება. რეპროდუცირებისთვის გამოყენებულ იქნა შესაბამისი კატალოგები და საინჟინრო ნახაზების მონაცემთა ბაზიდან მიღებული ინფორმაცია. შედეგად, შეიქმნა კალორიმეტრის ტუმბოს დეტალური გეომეტრიული აღწერა.

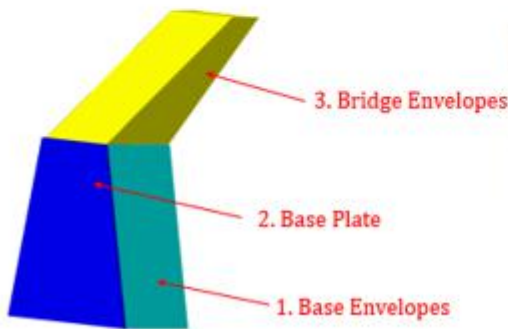
მოცულობისა და მასის დათვლის მიზნით, განისაზღვრა რეპროდუცირებულ აღწერაში გამოყენებული კომპონენტების მასალები და მოხდა მოცულობისა და მასის დათვლა კალორიმეტრის ტუმბოში შემავალი თითოეული კომპონენტისათვის. შედეგად, მოცულობა აღმოჩნდა 0.0135 მ^3 -ის ხოლო მასა კი 61.8 კგ -ის ტოლი [6] (სურ.6 ა).

მომდევნო ეტაპზე განხორციელდა GEANT-დან კალორიმეტრის ტუმბოს შესაბამისი გეომეტრიული აღწერის ექსპორტი CATIA-ში და ანალიზი (სურ.6 ბ). როგორც ანალიზმა აჩვენა, GEANT-ში აღწერილი კალორიმეტრის ტუმბოს

გეომეტრიული მოდელი წარმოდგენილია 3 მარტივი გეომეტრიული პრიმიტივის



#	სახელი	მასალა	მოცულობა (მ ³)	წონა (კგ)
1	Barrel link	უჯანგავი ფოლადი	0.0013	10
2	Vatterfly valve	ალუმინი/პლასტმასი/უჯანგავი ფოლადი	0.00667	21.3
3	gauge	უჯანგავი ფოლადი	0.0000634	0.5
4	Pirani gauge	უჯანგავი ფოლადი	0.0000764	0.6
5.1	Baffle	უჯანგავი ფოლადი / სპილენძი	0.000946	7.2
5.2	Diffusion Pump	ალუმინი/უჯანგავი ფოლადი/ზეთი	0.003823	16.6
6	HV angle valve	უჯანგავი ფოლადი	0.000144	1.13
7	Pipe	უჯანგავი ფოლადი	0.000192	1.5
8	Bolts	უჯანგავი ფოლადი	0.000312	2.45
სულ:			0.0135	61.8



#	სახელი	მასალა	მოცულობა (მ ³)	წონა (კგ)
1	Base Envelope	LArServices8	0.067	23.5
2	Base Plate	ალუმინი	0.0027	7.3
3	Bridge Envelope	LArServices8	0.0228	8
სულ:			0.093	38.8

ბ)

სურ.6 გეომეტრიული აღწერების მასების და მოცულობების ანალიზი

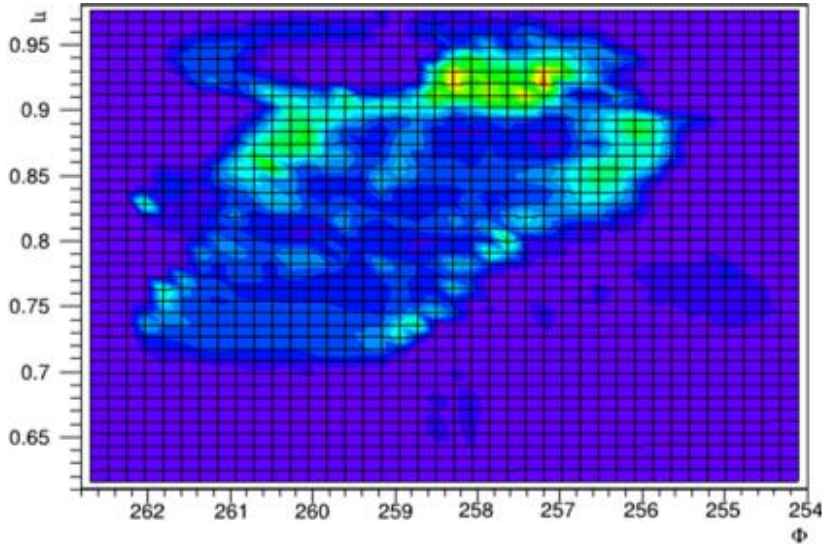
სახით, რომელთა საერთო მოცულობაა 0.093 მ³, მასა კი 38.7 კგ-ია.

ამრიგად, ანალიზის შედეგები მიუთითებს რეპროდუცირებული და GEANT გეომეტრიული აღწერების შემდეგ განსხვავებებს:

1. რეპროდუცირებული აღწერა შედგება 7 ქვეკომპონენტისაგან, მაშინ როდესაც GEANT-ში გეომეტრიული აღწერა წარმოდგენილია 3 მარტივი პრიმიტივით და სრულიად განსხვავებულია ფორმითაც და სტრუქტურითაც
2. რეპროდუცირებულ აღწერაში არსებული კომპონენტების მასალება: უჯანგავი ფოლადი (რკინა, ქრომიუმი, ნიკელი), ალუმინი, სპილენძი, პლასტმასი და ზეთი, ხოლო GEANT-ში აღწერილ პრიმიტივებს მინიჭებული აქვს ალუმინი და კომბინირებული მასალა, რომელშიც გაერთიანებულია: სპილენძი, რკინა, მანგანუმი, სილიკონი, კარბონი, ჰიდროგენი, ოქსიგენი, ნიტროგენი, ფლუორინი და არგონი
3. მოცულობათა შორის სხვაობა არის 0.0795 მ³
4. მასათა შორის სხვაობა არის 23 კგ.

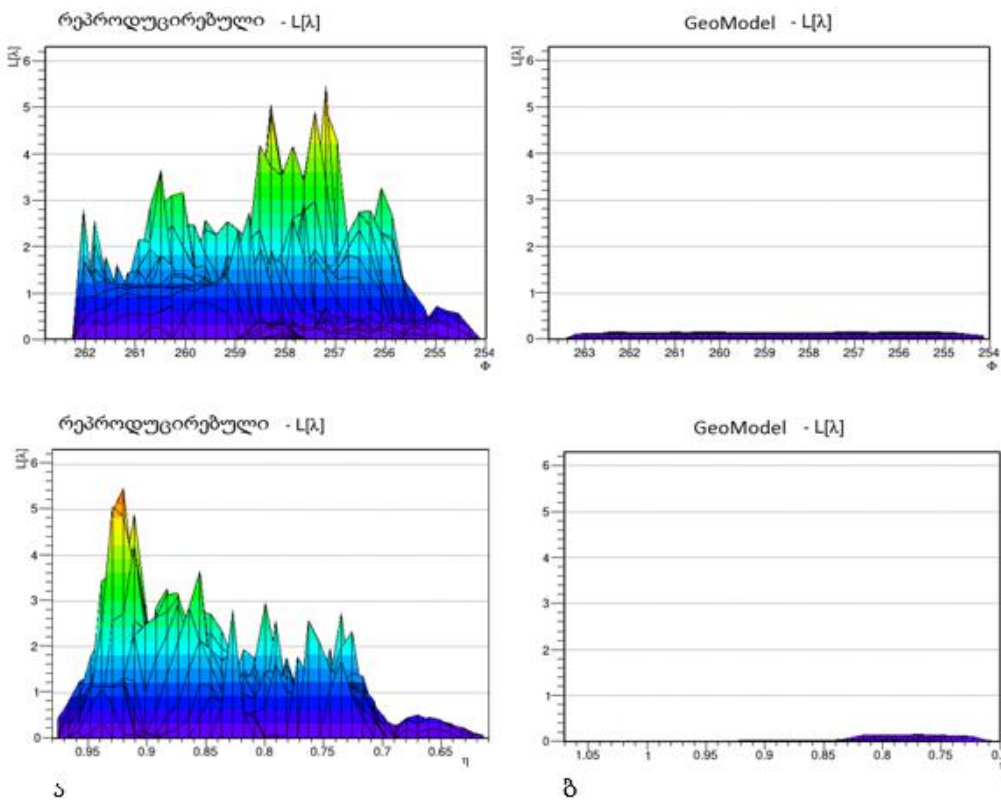
მომდევნო ეტაპზე განხორციელდა რეპროდუცირებული და GEANT აღწერებისთვის შთანთქმის სიგრძის დათვლა და მათი ურთიერთშედარება.

შთანთქმის სიგრძის განაწილება რეპროდუცირებული აღწერის გეომეტრიის მიხედვით ნაჩვენებია სურ.7-ზე. GEANT აღწერის შთანთქმის სიგრძე იმდენად მცირეა ($L(\eta) < 0.65$), რომ იგი იგივე η -ის მასშტაბში საერთოდ არ აისახა.



სურ.7 λ-ს განაწილება რეპროდუცირებული გეომეტრიის მიხედვით

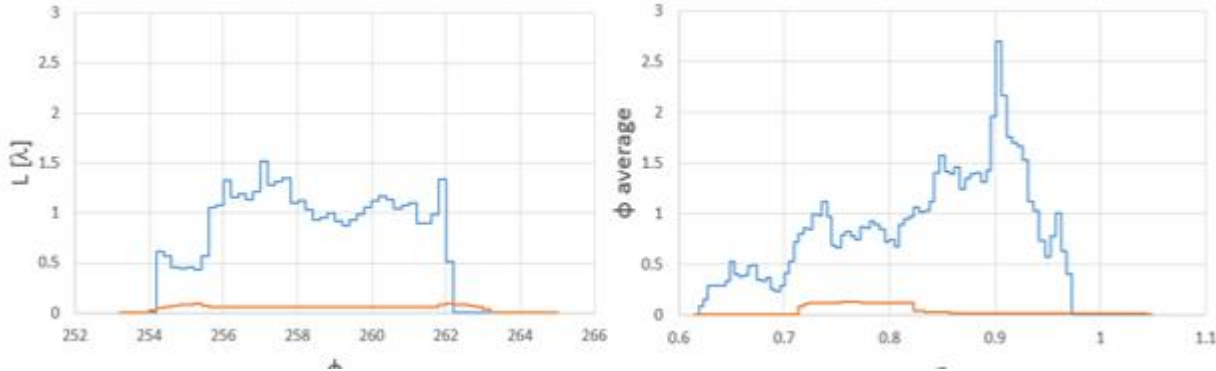
Φ-ის მიხედვით $L(\eta)$ განაწილება ორივე აღწერისთვის ასევე მნიშვნელოვან ცდომილებაზე მიუთითებს (სურ.8 ა). იგივე სურათია η-ს მიხედვით $L(\Phi)$ განაწილებაზე (სურ.8 ბ). აღნიშნული კვლევა ჩატარებულია შემთხვევისთვის როდესაც



სურ.8 λ-ს განაწილება რეპროდუცირებული და GEANT აღწერებისათვის ($262 < \Phi < 254 \mid 0.9 < \eta < 0.65$)

Φ -ის და η -ის მნიშვნელობები იცვლება დიაპაზონში ($262 < \Phi > 254 \mid 0.9 < \eta > 0.65$).

შთანთქმის სიგრძის მიხედვით აღწერებს შორის საშუალო სხვაობა მოყვანილია სურ.9-ზე. ანათვლები მიღებულია შემთხვევებისთვის როდესაც η არის ფიქსირებული და ტოლია 0.93-ის, ხოლო Φ იცვლება 250-დან 264-მდე. როგორც განაწილებიდან ჩანს



სურ.9 λ -ს განაწილება საშუალო სხვაობები

რეპროდუცირებული აღწერებისათვის შთანთქმის სიგრძე მერყეობს 0 - 3 დიაპაზონში, ხოლო GEANT აღწერისათვის კი 0 - 0.2 დიაპაზონში.

ამრიგად, ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რეპროდუცირებულ და GeoModel მოდელებს შორის, შთანთქმის სიგრძის $L[\lambda]$ მიხედვით, ფიქსირდება 96.3 % იანი სხვაობა.

V. დასკვნები

1. რადიაციისა და შთანთქმის სიგრძეების მიხედვით გეომეტრიული აღწერების ანალიზი, ასეთი აღწერების დამუშავების ადრეულ სტადიებზე მნიშვნელოვანი საშუალებაა სიმულაციის სიზუსტის გაზრდისათვის
2. გეომეტრიული აღწერების ანალიზი რადიაციისა და შთანთქმის სიგრძეების მიხედვით, საშუალებას იძლევა გამოვლენილ იქნას არაზუსტი გეომეტრიული აღწერები სიმულაციის პაკეტებში
3. კალორიმეტრის ტუმბოს ანალიზმა აღნიშნული მეთოდით გამოავლინა სიმულაციაში გამოყენებული გეომეტრიული აღწერის 96%-იანი ცდომილება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. J. Banks; J. Carson; B. Nelson; D. Nicol (2001). Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall. p. 3. ISBN 978-0-13-088702-3.
2. Sharmazanashvili A., Tsutskiridze N. Simulation Loop Between Cad Systems, GEANT-4 and GeoModel: Implementation and Results. Physics of Particles and Nuclei Letters, 2016, Vol. 13, No. 5, pp. 724-727
3. Marcel Demarteau, Howard Nicholson, Ron Lipton, Ian Shipsey. „Particle and Nuclear Physics Instrumentation and Its Broad Connections“. Reviews of Modern Physics. July 20, 2016
4. Mukund Gupta „Calculation of radiation length in materials“ PH-EP-Tech-Note-2010-013.
5. <https://pdg.lbl.gov/2009/AtomicNuclearProperties/>
6. <https://atlas-geometry-db.web.cern.ch/atlas-geometry-db/materials.php>