

1

## 8 1 План

- 9 • Розраховано калібрувальну криву, для реконструкції позиції треків від-  
10 носно центру дрейфової трубки для МІР(minimum ionising particles -  
11 мінімум іонізуючих частнок) на прикладі мюонів з енергією 1 GeV  
12 (знаходиться обернена залежність  $r(t)$  від розподілу "час дрейфу  $t$  як  
13 функція положення  $r$  треку відносно проводу").
- 14 • Провів симуляцію 50 тисяч треків через дрейфову трубку випадковим  
15 чином з рівномірним розподілом. По аналізу сигналу кожного треку  
16 було визначено час дрейфу електронів і реконструйовано розподіл по-  
17 зиціонування кожного треку. По отриманим даним було побудовано ді-  
18 аграми густини розподілу відхилення  $r_{real} - r_{reconstructed}$  як функція  
19 від  $r_{real}$ .
- 20 • Після врахування всіх ефектів, що можуть впливати на вхідний си-  
21 гнал необхідно реєструвати час приходу сигналу подібно дискриміна-  
22 тору імпульсів і використати даний алгоритм в для даних Garfield для  
23 побудови калібрувальної кривої і решти розрахунків.

## 24 2 Теоретичний вступ

25 Рідкісні розпади  $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$  є чудовим знаряддям вивчення фізики ароматів  
26 із-за своєї чистої природи. Дякуючи сильному GIM механізму, ці розпа-  
27 ди є домінуючими в короткодистанційній динаміці. Окрім того, коротко-  
28 дистанційна амплітуда регулюється лише єдиним напівлептонним опера-  
29 тором, чий адронний матричний елемент вимірюється експериментально з  
30 аналізу даних від напівлептонних розпадів. Фактично це означає, що най-  
31 більші теоретичні невизначеності в цьому випадку можуть бути перевірені  
32 чисто експериментально.

33 Так як пара нейтрино-антинейтрино є частинками які фактично немо-  
34 жливо зареєструвати а тим більше визначити їх треки, то розпад  $K^+$  визна-  
35 чається лише по треку дочірньої  $\pi^+$  частинки. Тож для реконструкції  
36 вершини розпаду необхідно знати часові та просторові характеристики тре-  
37 ків від  $K^+$ ,  $\pi^+$  та всіх інших частинок, суміжних з даною реакцією та інши-  
38 ми фоновими процесами з точністю необхідною для виявлення причинно-  
39 наслідкового зв'язку.

40 Конкуруючими процесами до розпаду  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu} \in K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ ,  $K^+ \rightarrow$   
41  $\mu^+ \nu$  та  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$  розпади.

## 42 3 Формулювання задачі

43 Для визначення треків заряджених  $\pi$  та  $\mu$  частинок в експерименті SHiP  
44 пропонується використовувати детекторну систему на базі дрейфових тру-  
45 бок.

46 Для цієї трекової детекторної системи ствиться декілька вимог:

- 47 • забезпечити необхідну точність визначення треку на рівні  $100 \mu m$
- 48 • ефективна товщина системи не повинна перевищувати 2% радіаційної  
49 довжини
- 50 • точність визначення імпульсу частинки має бути на рівні 0.5% або ж  
51 нижче.

52 Виконання всіх цих вимог дозволить отримати роздільну здатність по масі  
53 на рівні  $10^{-3} GeV^2/c^4$ , що має бути достатньо для поставленої задачі.

## 54 4 STRAW tubes

55 The option for STRAW tubes is similar as in NA62 experiment with one main  
56 difference – the length is twice longer(  $5m$  versus  $2.1m$ ).

57 The next table. 1 describe STRAW tube options.

Parameter name	Value
wire	$30\mu m$ gold-plated Tungsten
straw length	$5m$
Voltage	$1750V$
inner tube radius	$9.8\text{ mm}$
wire medium density	$19.3\text{ g/cm}^3$
Wire tension	$\sim 90\text{ g}$
Working tube gas mixture	$Ar70\% CO_230\%$

Табл. 1: STRAW tube parameters

## 58 5 Signal

59 Computer program Garfield [1] is designed for detailed simulation of two- and  
60 three-dimensional drift chambers. So we will perform STRAW tube studies using  
61 this program.

62 Charged particle create elector-ion pairs wile traverse the drift tube. Electrons  
63 under affecting the electric field drift to the wire anode 1. During the travel they  
64 increase their energy and invoke avalanche. Therefore they produce a measurable  
65 signal.

66 After the ionization is produced the electrons drift to the wire due to the  
67 electrical field between the wire and the tube wall. Electrons ionize gas molecules  
68 due to the high electric field around the wire, especially near the wire when the  
69 electric becomes very strong. Subsequently readout electronics process the signal  
70 induced on the wire. The signal is registered if it passes a threshold value (Fig.  
71 2). A variation of the signal height introduces a variation in the time when the  
72 signal passes the threshold and is considered to be the main contribution to the  
73 STRAW tracker resolution.

74 In the track reconstruction software(GARFIELD [1] an effective TR-relation  
75 is used. It only describes the relation between the drift time and the distance  
76 from the track to the wire, which differs from the distance to the ionization  
77 cluster. The shape of the TR-relation is defined by the drift velocity of the  
78 ionization cluster inside the straw. The electric field increases towards the wire,  
79 leading to a non linear TR-relation. Currently almost parabolic dependence is  
80 used, and easily can be fitted by function (2).

81 The drift time versus the unbiased distance distribution and the result of the  
82 fit are shown in Fig. 11. Noise hits under the main distribution, i.e. at earlier  
83 times, are due to primary or secondary particles ( $\delta$ -rays) passing the straw at a  
84 closer distance to the wire, consequently producing an earlier signal.

85 Muon  $\mu$  was chosen as test particle for simulation with energy  $1GeV$ . You  
86 can see some of typical tracks from the  $\mu$  through the tube Fig.6a,6b. Initial  
87 clusters along the track are marked by orange points on the figure.

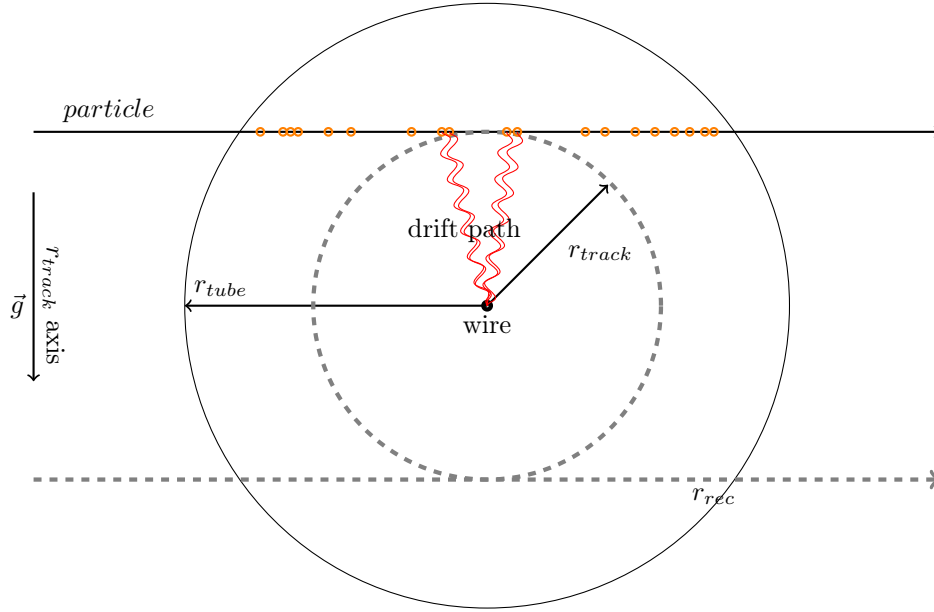


Рис. 1: Schematic view of a particle passing the straw and producing ionization clusters. The ionization cluster electrons drift to the wire and induce the signal. Only the earliest signal is detected. The closest distance from the track to the wire,  $r_{track}$ , and radius of the straw,  $r_{tube} = 2.45mm$ , are also indicated.

## 5.1 Leakage noise

До сигналу від треку також необхідно додати шум паразитичного струму. завжди присутній в зчитувальному каналі front-end електроніки. Шум вибирався таким, щоб наближено дорівнював типовому. Вважаючи, що шум розподілений за розподілом пуассона, RMS розподілу шуму вибирався на рівні максимального значення вихідної напруги від 2000 електронів. На практиці шум дуже залежить від реалізації детектора, тому передчасно судити дуже важко. З виходом перших екземплярів дрейфових трубок потрібної конфігурації та відповідного набору front-end електроніки можна буде виміряти шумові характеристики каналів. Однак наразі в нас не лишається іншого шляху як задати шум у вигляді описаному вище.

На Рис. 2 моментом часу  $Time = 0$  відповідає момент утворення первинних електрон-іонних пар від акту взаємодії мюона з атомами газу. Такий акт з великою точністю можна вважати миттєвим. Проте на експерименті такого фіксатора часу не буде. Тож в даних симуляціях відсутність передісторії сигналу погано вплине на точністю реконструкції, особливо якщо в схемі зчитування присутні інтегруючі ланки. В нашому випадку, це лише покращить кінцевий результат(точність реконструкції треків), так як все ще лишається імовірність того, що шум в колі все ще може перевищити

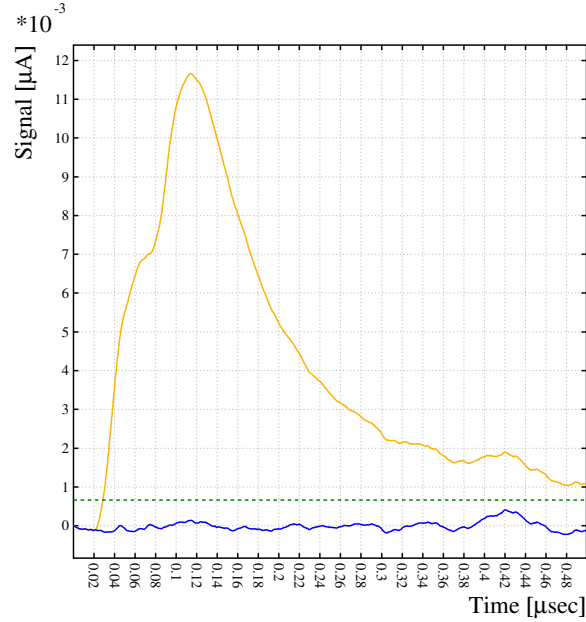


Рис. 2: Приблизний сигнал(напруга) на виході з формувача зчитувальної електроніки(жовта лінія). Складові шуму позначена синьою лінією. Зелена лінія відповідає напрузі 4 середніх квадратичних відхилень розподілу шуму. (Зазнач, що по осі Y величина є напруга, проте домножена на сталий коефіцієнт, далекий від правди  $\sim \frac{1}{Gain}$ )

107 порогове значення дискримінатора.

108 Передбачається, що часові характеристики сигналу будуть визначатися  
109 саме методом порогу – тригування сигналу дискримінатором.

## 110 5.2 STRAW efficiency

111 The number of produced ionization clusters directly affects the hit efficiency  
112 profile. [2] Smaller ionization length increase hit efficiency, as more ionization  
113 clusters are produced.

114 Взаємодія зарядженої частинки з молекулами газової суміші всередині  
115 STRAW tube має імовірнісний характер. Тож можуть виникати ситуації коли  
116 частинка, що прошиває drift tube не утворить жодного іон-електронного  
117 кластеру в об'ємі трубки. Даний ефект особливо наглядно спостерігати в  
118 областях трубки де довжина треку через об'єм трубки зовсім невеликий.  
119 Фактично це треки, що проходять біля краю трубки.

120 Як видно з Рис. 3 ефективність реєстрації сягає майже 100% за виключенням  
121 пристінкових областей, де ефективність падає за рахунок зменшення  
122 області пробігу частинки.

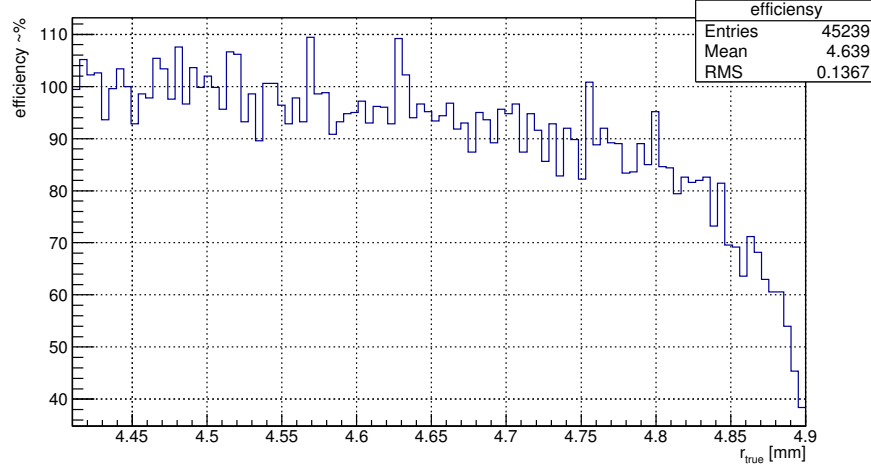


Рис. 3: Ефективність реєстрації треків в області периферії трубки від рівномірного опромінення 50 тис. треків( $\frac{50k \text{ events}}{100bin} = 500 \frac{eventst}{bin}$ )

Також наводимо розподіл кількості електрон-іонних пар для центрального треку(тобто той що проходить через центр трубки) Рис. 4. Тож враховуючи що з частотою кластерів, порядку  $\sim 3 \frac{cluster}{mm}$  можна стверджувати, що ефективність реєстрації треків у STRAW tube буде високою і близькою до 100%, що й наглядно показано на рис. 3.

На практиці, даний показник зазвичай гірший приблизно вдвічі(на прикладі експерименту NA62 [])

## 6 Wire sagging

Lets estimate wire sagging in this section. This is very important section because of track reconstruction algorithm depend on it.

We estimate significant wire sagging(by comparison to the tube radius) because of wire affecting by gravitation plus electric field attract wire to the tube. The variation of wire tension should be taken into account as high affect factor. You can see a profile of wire sagging for wire in 5m straw and 1750V voltage Рис.5.

Це ускладнює роботу з дрейфовими трубками, так як в залежності від зміщення трубки від центрального положення змінюється і час дрейфу. Це ускладнює процес реконструкції треків, і вимагає додаткових кроків в процесі реконструкції треків. При чому потрібно зважати на той обсяг інформації який ми можемо витягти з дрейової трубки в робочому стані. Адже не всі методи зостосовні до калібровки трубки в лабораторних умовах можуть бути виконані на практиці при в зібраному детекторі.

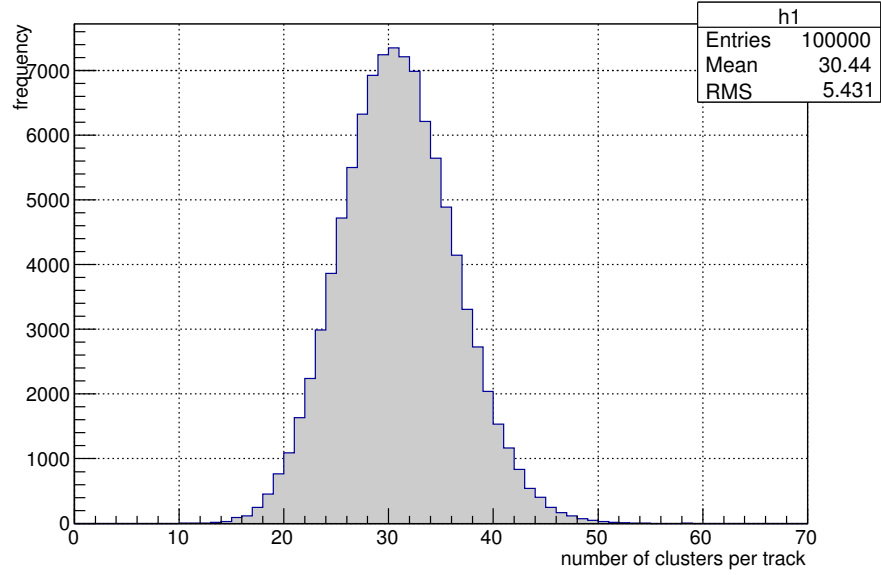


Рис. 4: Розподіл кількості кластерів на діагональний трек через дрейфову трубку.

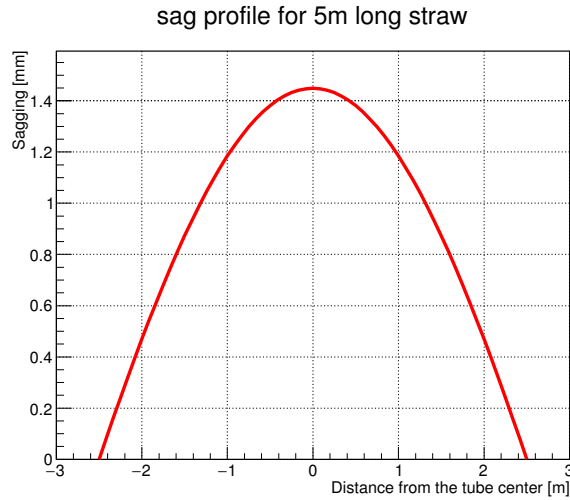


Рис. 5: Wire sag profile for straw described in table 1 affected by electric and gravitation filed calculated in Garfield

145 Під дією сильного електричного поля дрiт(анод  $V_{wire} \cong 1750V$ ) притя-  
 146 гується до стiнок трубки (катод  $V_{tube} = 0V$ ) i так зване провисання досягає



147 значних розмірів  $\sim 1.5mm$  при радіусі трубки всього  $4.9mm$ .

148 Одним із головних припущень в даній задачі є вибір конфігурації тру-  
149 бок. Припустимо, що трубка є відносно ідеальна: не прогинається під дією  
150 гравітації та без викривлень в результаті дефектів при виробництві чи про-  
151 цесі встановленні на робоче місце, або ж якихось інших факторів). Коли  
152 трубка знаходиться у вертикальному положенні(тобо у стані, коли гравіта-  
153 ційне поле не впливає на початкове позиціонування дроту в трубці) напрям  
154 провисання дроту передбачити неможливо - він повністю залежить від де-  
155 фектів трубки при збірці та позиціонуванні дроту при фіксації на торцях,  
156 якщо всі інші поля відсутні.

157 Проте в горизонтальному положенні трубок гравітаційного поля має бу-  
158 ти достатньо, щоб задати напрям провисання трубок строго по напрямку  
159 гравітаційного поля  $\vec{g}$ . Таким чином неоднозначність конфігурації трубки  
зникає.

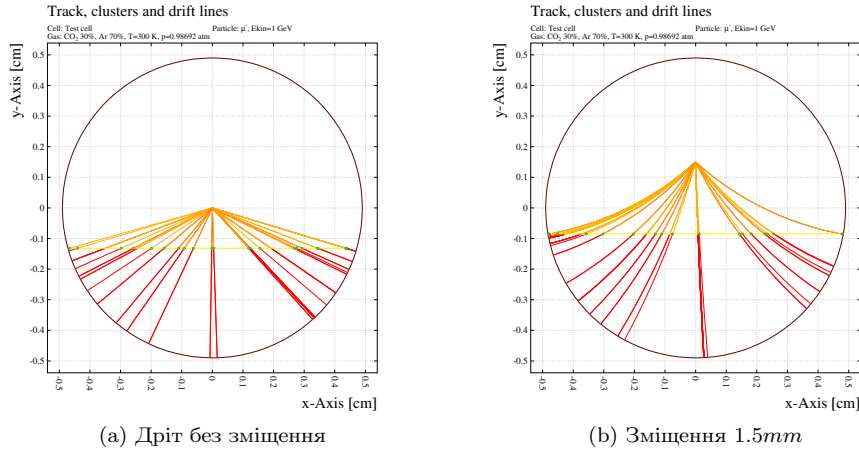


Рис. 6: Приклад траєкторії руху електронів та іонів в дрейфовій трубці в результаті проходження зарядженої частинки в горизонтальному напрямку(перпендикулярно до напрямку провисання трубки в площині поперечного перерізу дрейфової трубки

## 161 7 Gain

162 На базі оцінки форми сигналу та амплітуди вихідного струму каналу STRAW  
163 трубки проектується відповідна front-end електроніка. Коефіцієнт газового  
164 підсилення залежить від складових газової суміші, тиску, температури і  
165 поля в якому рухаються електрони/іони і розвиваються електрон-іонні ла-  
166 вини.

167 Власне імплементація скрипту для розрахунку коефіцієнта підсилення  
168 у програмному пакеті Garfield вимагає від нас знання параметрів ефекту

169 пеннінга для  $||$  для розглядуваної газової суміші.

170 Приведемо графік залежності коефіцієнту підсилення сигналу для су-  
171 міші газу зазначеної в таблиці 1 від напруги на дроті STRAW трубки. Як  
172 видно, з Рис. ?? він носить точно експоненціальний характер, що, чесно  
173 кажучи не викликає особливої довіри, хоча напевне є з певною точністю  
174 справедливим.

175 Попри це механізм розрахунку коефіцієнту підсилення в програмному  
176 пакеті Garfield реалізований недостатньо якісно, в тому сенсі, що на мо-  
177 мент написання пакету Garfield (fortran версії) процес газового підсилення  
178 був вивчений не достатньо добре. Використання програмного пакету Garfi-  
179 eld++ може вирішити цю проблему, так як написаний пізніше і дозволяє  
180 отримати значно точніші і достовірніші дані. Зі слів Rob Veenhof точність  
181 може різнитися в РАЗИ.

182 Дана перспектива може бути виконана в майбутньому як частина даної  
183 дипломної роботи.

184 Наразі маємо можливість побудувати залежність коефіцієн-  
185 ту газового підсилення електромагнітної лавини в газі(gas gain). Для оцінки  
186 коефіцієнту підсилення

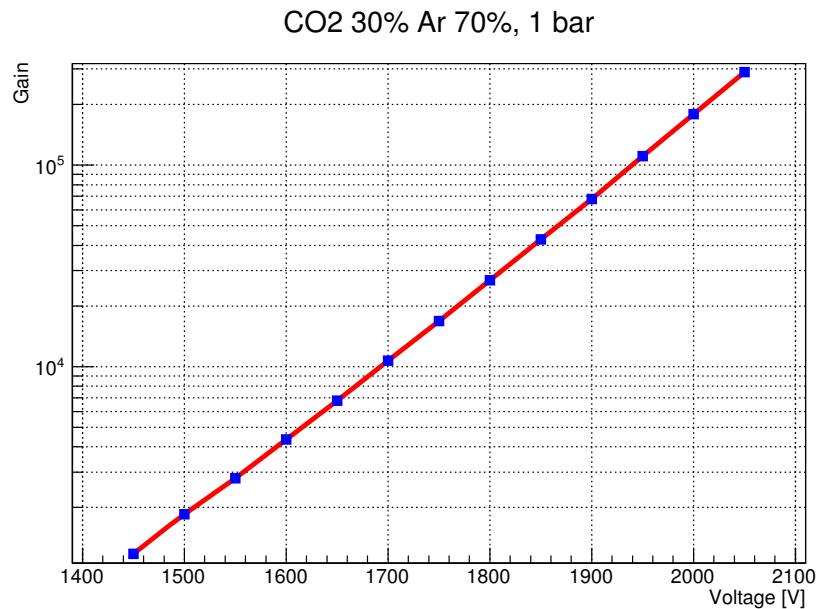


Рис. 7: Графік залежності коефіцієнту підсилення сигналу в трубці(gain) в залежності від прикладеної до дроту напруги. Параметри системи описані в таблиці №1

## 187 8 Sag estimation

188 Очікується, що для кожному окремому положенню дроту в трубці (змі-  
 189 щення від центрального положення) буде відповідати своя TR-залежність.  
 190 Тож першочерговим завданням є визначити зміщення дроту в трубці від  
 191 центрального положення.

192 Як логічно припустити з Рис. 11 та 14 розподіл часу дрейфу для випад-  
 193 ків з різним значенням зміщення дроту буде також різнитися Рис. ???. На  
 194 прикладі порівняння двох діаграм видна сходинко-подібна природа. Отже з  
 195 цих розподілів легко можна отримати значення відхилення дроту в даному  
 196 місці трубки.

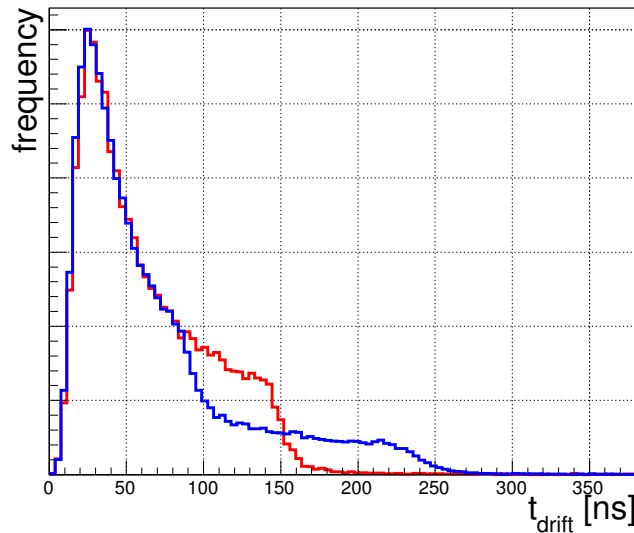


Рис. 8: Drift time distribution for a homogeneous irradi- ation with a centered  
 wire (red) and for a wire offset of 0.9 mm (blue).

197 Описані вище розподіли часу дрейфу вказані на рис. ??? виконані в се-  
 198 редовищі Garfield для константного положення дроту. Нажаль Garfield не  
 199 дозволяє робити робити симуляції для профілю дроту.

200 Першим кроком для знаходження положення дроту з діаграм знайдемо  
 201 вигляд розподілів для кожного можливого значення положення дроту в  
 202 трубці. В нашому випадку було виконано симуляції для отримання діаграм  
 203 в різних положеннях в діапазоні від 0 до 1.5mm.

204 Наступним кроком ми маємо привести у відповідність конкретний роз-  
 205 поділ з координатою дроту для калібровки. На практиці це пропонується  
 206 здійснити за допомогою оптичного просвічування трубки.

207 На експерименті будемо визначати профіль трубки з порівняння про-  
 208 філю даного вимірювання з вимірюваними раніше "калібровочними"серіями

chi2 comparison for 0.7 Sag histogram

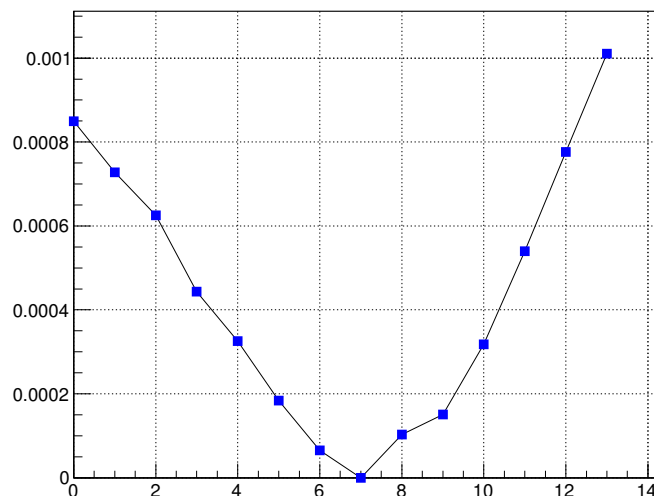


Рис. 9: Порівняння  $\chi^2$  для core діаграми  $0.7mm$  з усіма іншими core діаграмами в діапазоні  $0 \dots 1.5mm$

209 вимірів.

210 Робиться це наступним чином:

- 211 1. кожна діаграма нормується і рахується  $\chi^2$  попарно з кожною з core
- 212 діаграм.
- 213 2. для отриманих значень  $\chi^2$  будуємо графік, де по осі X відкладається
- 214 положення дроту.
- 215 3. Мінімум даної залежності допоможе знайти core діаграму найближчу
- 216 до вимірюваної. Адже такі діаграми будуть найбільш схожими (Рис. 9)

217 Точність даного методу може бути достатньо великою. Для діаграм ста-

218 тистикою 5 тисяч подій розподіл визначення визначення положення дроту

219 зображено на Рис. 10

220 На експерименті вказані вище розподіли отримати не важко. Єдине що

221 потрібно набирати статистику лише для фіксованого положення дроту, а

222 значить необхідно проводити експозицію секційно – не по всій довжині трубки

223 а лише на відповідних ділянках, таких щоб значення відхилення дроту

224 на них не відрізнялося більше необхідної точності.

225 Нехай бажана точністю визначення положення дроту  $50\mu$ . Розділивши

226 весь дріт на ділянки маємо, що центральний сектор буде найбільшим і має

227 довжину  $0.8m$ . Це при значенні максимального просідання дроту  $1.5mm$ .

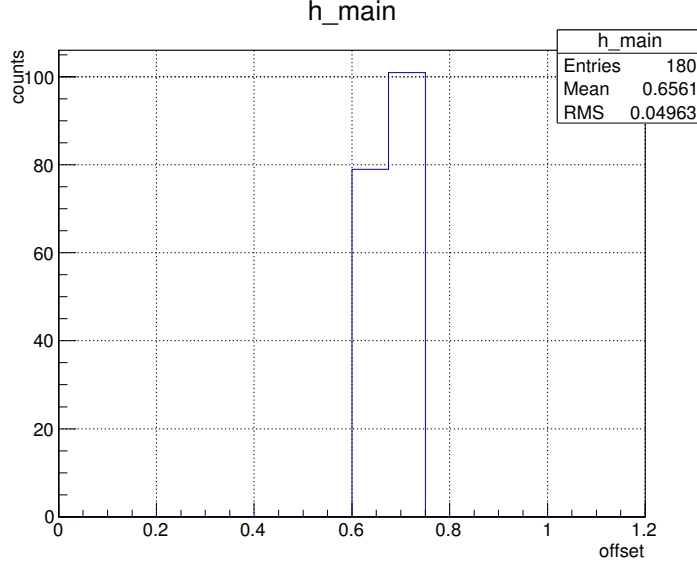


Рис. 10: Bias estimation distribution for 5k data. 50k events for core template histograms. True bias is 0.063 mm. 1 bin = 0.1 mm.

## 228 9 Track reconstruction

229 The time between the track hit time stamp and the signal at the wire at the  
 230 wire is a measure for *drift time* of these electrons. The relation between the *drift*  
 231 *time* and the distance from the track to the center of the tube(wire while no sag  
 232 for centered wire) is called *drift time - distance relation* or *rt-relation*.

233 The drift time  $t$  is a function of track position relative to the wire(so it mean  
 234 the track position) and electric field along the drift trajectory.

235 Assumed that the working position for straws will be parallel to the particle  
 236 bunch, and particle speed acceptance will not be significantly big. So tracks will  
 237 be collinear each other for every separate unit STRAW tube.

238 Summing the above mentioned we have one dimension task – reconstruct  
 239 tracks on vertical axis<sup>1</sup> (see example outcome rt-distribution  $t = t(r, s = 0)$  in  
 240 Fig.11 ) even the wire sagging. Sagging will be always down thanks to gravitation  
 241 force  $\vec{g}$ .

242 The rt-relation is differ along the tube because different wire position  $s$ . We  
 243 thus have for the drift time

$$t = t(r_{track}, s) \quad (1)$$

<sup>1</sup>An example of single track reconstruction which explaining the approximate procedure of reconstruction you can see in Fig.1

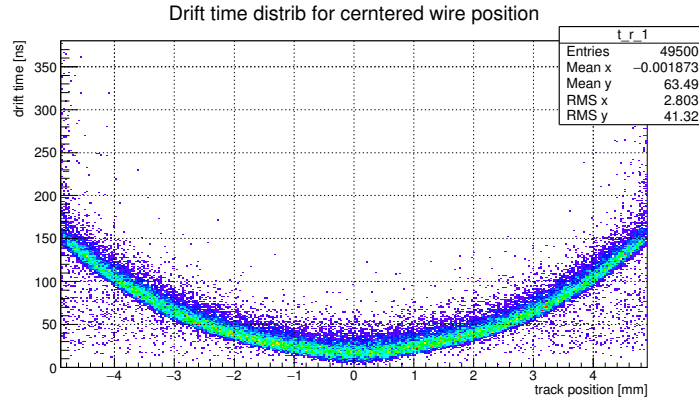


Рис. 11: Distribution of drift time  $t_{drift}$  as function of track position  $r_{track}$  relatively to the tube center

## 9.1 Double ambiguity in track reconstruction

Usually the outcome of first step reconstruction is two position.

## 9.2 Джерела похибок

- Природна складова похибки визвана розподілом кластерів іонізованих атомів вздовж треку МІР-частинки.
- Похибка пов'язана безпосередньо з дрейфом електронів та йонів в трубці. Залежить від параметрів електричного поля та складової газу в трубці.
- Похибка пов'язана з ефектами поширення заряду від електромагнітної лавини в дроті.
- Фактори електроніки – функція відгуку електроніки.

## 9.3 Генерация шуму

Шум – штука непередбачувана, і дуже залежить від технологічного процесу виготовлення складових елементів детекторної системи. Шум в кінцевому результаті дуже впливає на якість вихідних даних детектора: його ефективність реєстрації, роздільну здатність.

Шум зараз особливо важко оцінити, так як робочих екземплярів дрейфових трубок ще нема, і front-end електроніки в тому ж числі нема.

Тож задамо шум з огляду детекторних установок подібного типу.

Програмний пакет Garfield дозволяє задати значення струму шуму через імовірнісну функцію розподілу. Підберемо такий розподіл струму, щоб

вихідна напруга перед дискримінатором (умовно кінцева напруга) була роз-  
 поділена за гаусом  $P_{\mu,\sigma}(x) = Ae^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$  з середнім розподілу  $\mu = 0$  та з сере-  
 днім квадратичним розподілом рівним сигналу від дрейфу 2000 електронів  
 $\sigma = 2000e$  – так званий electric noise charge (ENC). Приклад сигналу шуму  
 зображено на Рис. 2

Дане питання одне із слабких місць даної симуляції і в майбутньому  
 будуть проводитися зміни. Тож дана частина є нічим іншим як костиль.

## 10 Знаходження параметрів калібровочної кри- вої

Калібровочною кривою в даному випадку будемо називати функцію, яка є  
 оптимально відповідність між часом дрейфу та нійбільш імовірним поло-  
 женням треку(наприклад радіус кола, дотичного до лінії треку частинки  
 концентричного до поперечного профілю трубки).

### 10.1 Випадок центрованого дроту

Хоча, я відчуваю "симетричний випадок" і не ввійде в мою роботу і до роз-  
 гляду буде одразу представлений загальний випадок знаходження калібро-  
 вочної кривої я всеодно виділю окремий розділ. Частина з нього точно буде  
 присутня у фінальній версії диплому(як мінімум рисунки).

До початку розглянемо випадок, коли дріт трубки розташований строго  
 по центру і можна застосувати спрощену процедуру для побудови RT -  
 залежності. Частинки, що проходять крізь дрейфову трубку на однаковій  
 відстані мають викликати сигнал з однаковими часовими характеристиками  
 зростаючого фронту.

Знаючи час дрейфу можемо відновити дотичне до треку коло. Якщо ж  
 напрямком поширення частинки відомий то кількість можливих положень  
 частинки зводиться до двох. На експерименті очікується, що дрейфові трубки  
 будуть розташовані в площині перпендикулярній до напрямку пучка.  
 Тож залишається серед двох дзеркальних до дроту треків вибрати один. Ця  
 задача легко вирішується вже в процесі комбінаторики відновлення треку  
 по хітах.

Калібровочну криву будемо знаходити з апроксимації розподілу  $t_{drift}(r)$   
 Рис.11.

Instead of using the average value of the drift time residuals, a fit to the  
 distribution of unbiased drift time residuals is performed in a narrow range  
 around the peak. This allows to reduce the contribution of incorrectly assigned  
 hits

Для ясності опишемо дану процедуру поетапно

1. Оскільки TR розподіл симетричний відносно  $r_{track} = 0$  Рис. 11, то для  
 підвищення статистики будемо аналізувати їх "суму".

- 305 2. з TR розподілу рис.11 будуємо структурну діаграму шляхом розбиття  
 306 даних на секції вздовж  $r_{track}$  (ось X) і знаходимо середнє для таких  
 307 вибірок.
- 308 3. як видно з рис.11 в симуляціях є досить багато шуму - точки поза  
 309 головним "стержнем" розподілу. Тому для більш точних результатів  
 310 в побудові RT залежності цього шуму слід позбавитися. Як варіант  
 311 пропонуємо наступний критерій: вважати шумами всі точки, які зна-  
 312 ходяться на відстані більше  $2\sigma$  від середнього вибірки для кожної із  
 313 секцій від першої ітерації.
- 314 4. для "відфільтрованих" даних повторюємо пункт №2;
- 315 5. Апроксимуємо точки середнього з вибірок функцією (2)

$$y = e^{a_0 + a_1 x} \quad (2)$$

- 316 6. Знаходимо RT відношення як обернену до (2) функцію. Результат  
 317 зображено червоною лінією на рис. 12

318 В даному випадку калібровочною кривою буде однозначна відповідність  
 319 між часом дрейфу і радіусом дотичного кола.

320 Для знаходження кривої  $r(t)$  складемо дві гілки розподілу Рис. 11 (пра-  
 321 воруч і ліворуч нуля), інвертуємо розподіл  $t_{drift}(r_{track}) \rightarrow r_{track}(t_{drift})$  і  
 322 виконаємо підгонку розподілу функцією виду (3).

$$r(t) = a_1 \log(t) + a_2 \quad (3)$$

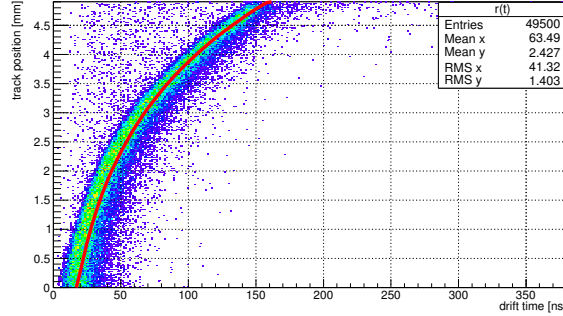


Рис. 12: RT-ralation(calibration line, figured in red color) between drift time  $t_{drift}$  and distance from the track  $r_{track}$ . The fit is performed in the range of  $0 < t_{drift} < 150ns$  and  $|r| < 4.9mm$

323 Далі наводимо параметри калібровочної кривої як результат фітування  
 324 розподілу  $t_{drift}(r)$  Рис. 12

- 325 •  $a_1 = 2.231 \pm 0.008$
- 326 •  $a_2 = 0.448 \pm 0.002$



### 10.1.1 Precision of track reconstruction

### 10.1.2 How precision of track reconstruction depend on wire displacement

Для початку задамося питанням "як точність реконструкції треків залежить від положення дроту (точніше від його відхилення від центрального положення).

Відомо, що робочі зразки дрейфових трубок будуть працювати в горизонтальному положенні. Зважаючи, що під дією гравітаційного поля дріт в трубці буде прогинатися вниз, можна з певною достовірністю стверджувати про подальше положення дроту, вже після підведення напруги в трубці.

Так виконаємо оцінку залежності точності вимірювання координати в трубці по зміні часового розподілу.

### 10.1.3 Evaluation of track reconstruction precision

Похибкою вимірювання положення треку будемо називати різницю між дійсним положенням треку  $r_{track}$  and reconstructed  $r_{rec}$ . Дану точку відобразим на графіку з відхиленням по осі Y та дійсним положенням треку по осі X. Для більшої наглядності ситуації з розподілом точок на графіку зобразимо цю ж інформацію у вигляді діаграми густини точок а також у вигляді труктурної діаграми для оцінки абсолютної похибки.

Варто зазначити, калібровочна крива не проходить через точку  $(0;0)$ , то ж значення часу дрейфу ліворуч від кривої будемо співставляти центральний трек (такий, що проходить через центр дрейфової трубки  $r = 0$ ). Схоже правило застосовується для сигналів з часом дрейфу більшим за діалезон охоплений калібровочною кривою - таким сигналам  $r_{reconstructed}$  присвоюється значення  $r_{tube} = 4.9mm$ .

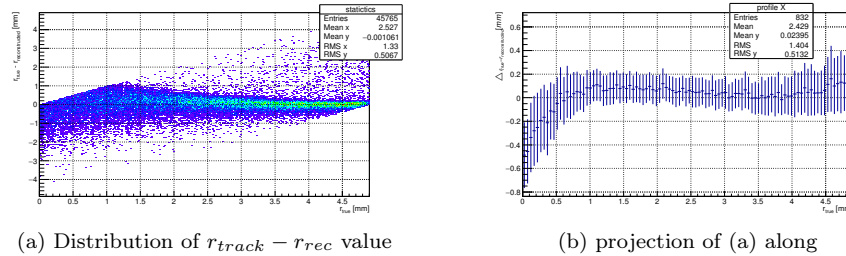


Рис. 13: Distribution of Розподіл різниці між дійсним і реконструйованим положенням треку в трубці  $\Delta r_{track} - r_{rec}$  від 49500 подій. Структурна діаграма розподілу точок у випадку строго центрального положення дроту дрейфової трубки

Як видно з простого аналізу діаграми Рис. 13a 13b точність реконструкції позиції треків лежить в діапазоні  $(0.1 \dots 0.2)mm$ .

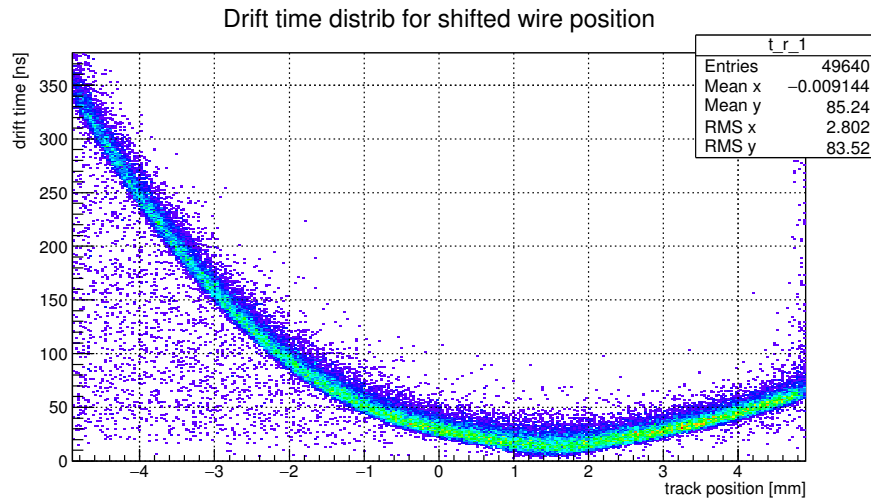


Рис. 14: TR-distribution for 1.5 mm shifted wire

## 10.2 Випадок зміщеного дроту

Знаходження калібровочної кривої, якщо її так можна назвати, для випадку зміщеного дроту дещо відрізняється від описаного вище центрального випадку. Це пов'язано з несиметричністю розподілу “час дрейфу - положення треку” Рис. 14. Тож необхідно знайти не одну, а дві калібровочні криві, причому необхідно розділення даних (на гілки більшу-меншу) що неможливо без попередньої оціки величини зміщення дроту від центрального положення.

Як видно з Рис 14 фігура розподілу змінилася не значно, а лише зсунулася на стале значення, рівне зміщенню дроту.

Використаємо цю хитрість для розбиття даних на дві частини - дві гілки в RT розподілі. Від так ми можемо для кожної гілки знайти свою власну калібровочну криву.

## 10.3 Порівняння розподілів для центрального та зміщеного позицій дроту в трубці

Наведемо порівняння гістограм для центрального та зміщеного позицій дроту для вибірки треків в околі дроту та на відстані 2 мм від нього.

Цілком логічно припускати, що електроніка реєструватиме час дрейфу відмінний від триманого нами від симуляцій описаних вище. Тож необхідним буде врахувати внесок від електроніки. Ситуація ускладнюється тим що окрім форми вхідного сигналу потрібно знати ще й амплітуду сигналу (сумарний заряд зібраний з треку з урахуванням підсилення).

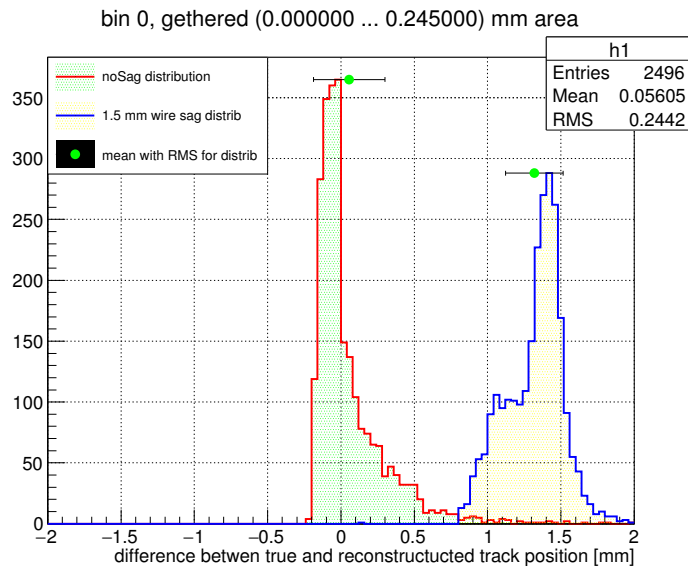


Рис. 15: Порівняння розподілу реконструкції позицій треків для центрального положення дроту та випадку зміщення дроту дрейфової трубки на  $1.5\text{mm}$  від центрального положення для треків які проходять близько до центру трубки

## Література

- [1] <http://garfield.web.cern.ch/garfield>
- [2] thesis Kozlinskiy.pdf

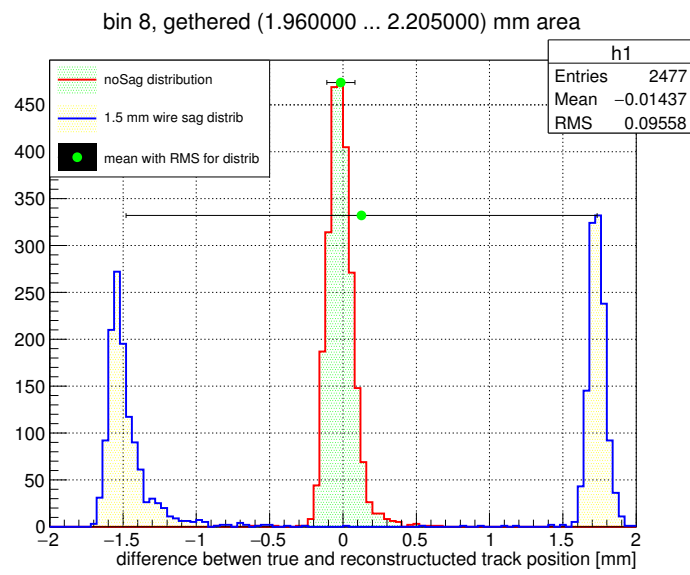


Рис. 16: Порівняння розподілу реконструкції позицій треків для центрального положення дроту та випадку зміщення дроту дрейфової трубки на  $1.5\text{mm}$  від центрального положення для треків які проходять дотично до кола радіусом  $2\text{mm}$  коцентричного з трубкою