

Поиск распада $K^+ \rightarrow \pi^+ e^+ e^-$

Клейменова Алина

Семинар ОФВЭ 03.04.17

Физическая мотивация

$$\frac{d\Gamma}{dz} = \frac{\alpha^2 M_K}{12\pi(4\pi)^4} \lambda^{3/2}(1, z, r_\pi^2) \sqrt{1 - 4\frac{r_e^2}{z}} \left(1 + 2\frac{r_e^2}{z}\right) |W(z)|^2$$

$$z = (M_{ee}/M_K)^2$$

$$r_e = m_e/M_K, r_\pi = m_\pi/M_K$$

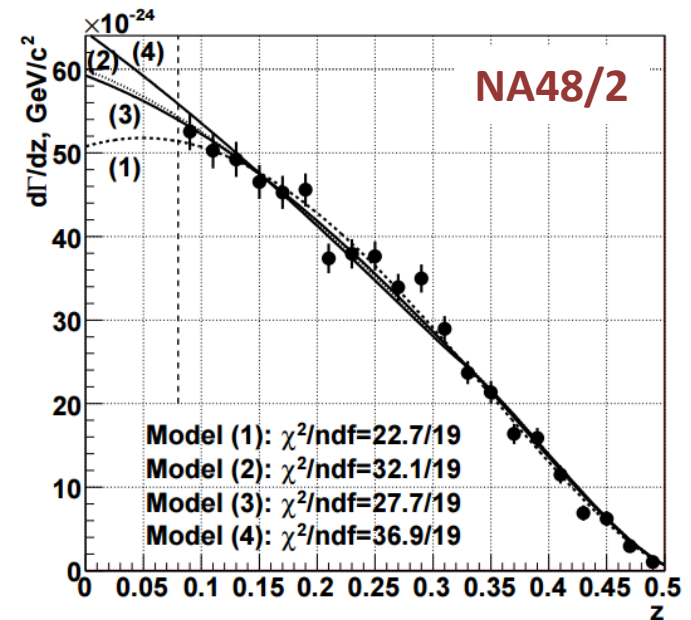
$$\lambda(a, b, c) = a^2 + b^2 + c^2 - 2ab - 2ac - 2bc.$$

$$(1) W(z) = G_F M_K^2 f_0 (1 + \delta z)$$

$$(2) W(z) = G_F M_K^2 (a_+ + b_+ z) + W^{\pi\pi}(z)$$

$$(3) W(z) = W(\tilde{w}, \beta, z)$$

$$(4) W(z) = W(M_a, M_\rho, z)$$



$\text{Br}(K^+ \rightarrow \pi^+ e^+ e^-)$

Параметры a_+ и b_+ из $W(z) = G_F M_K^2 (a_+ + b_+ z) + W^{\pi\pi}(z)$ позволяют определить вероятность распада следующим образом [[arXiv:hep-ph/9808289](https://arxiv.org/abs/hep-ph/9808289)]:

$$B(K^+ \rightarrow \pi^+ e^+ e^-) = \left[0.14 - 3.23a_+ - 0.88b_+ + 59.2a_+^2 + 16.0a_+b_+ + 1.73b_+^2 \right] \times 10^{-8}$$

NA48/2: $a_+ = -0.578$, $b_+ = -0.779$



$$\text{BR}_2 \times 10^7 = 3.14 \pm 0.04_{\text{stat.}} \pm 0.05_{\text{syst.}} \pm 0.08_{\text{ext.}} = 3.14 \pm 0.10$$

MC

$$\frac{d\Gamma}{dz} = \frac{\alpha^2 M_K}{12\pi(4\pi)^4} \lambda^{3/2}(1, z, r_\pi^2) \sqrt{1 - 4\frac{r_e^2}{z}} \left(1 + 2\frac{r_e^2}{z}\right) |W(z)|^2$$

$$W(z) = G_F M_k^2 (a_+ + b_+ z) + W^{\pi\pi}(z)$$

$$W^{\pi\pi}(z) = \frac{1}{r_\pi^2} \left[\alpha + \beta \frac{z - z_0}{r_\pi^2} \right] F(z) \chi(z)$$

$$F(z) = 1 + z/r_V^2$$

$$\chi(z) = \frac{4}{9} - \frac{4r_\pi^2}{3z} - \frac{1}{3} \left(1 - \frac{4r_\pi^2}{z}\right) G(z/r_\pi^2)$$

$$G(z) = \begin{cases} \sqrt{4/z - 1} \arcsin(\sqrt{z}/z), & z \leq 4 \\ -\frac{1}{2} \sqrt{1 - 4/z} \left(\ln \frac{1 - \sqrt{1 - 4/z}}{1 + \sqrt{1 - 4/z}} + i\pi \right), & z \geq 4 \end{cases}$$

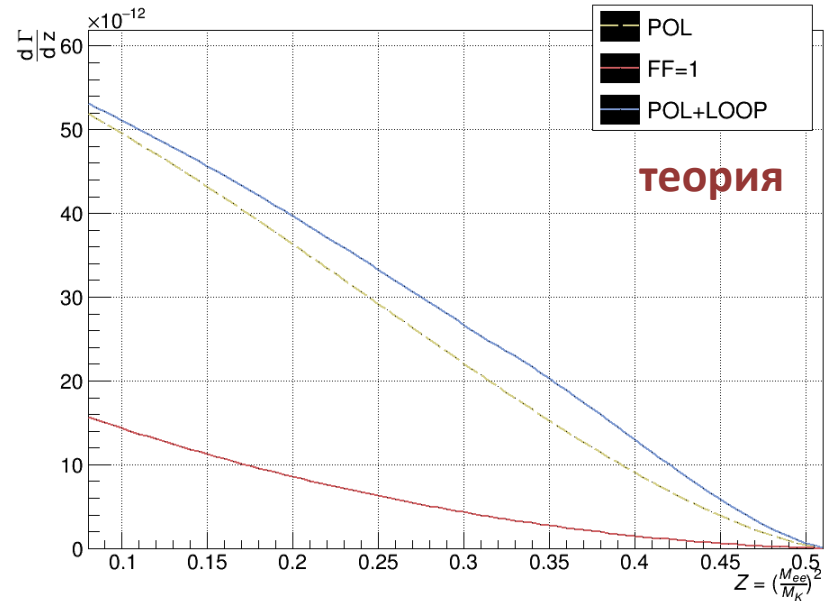
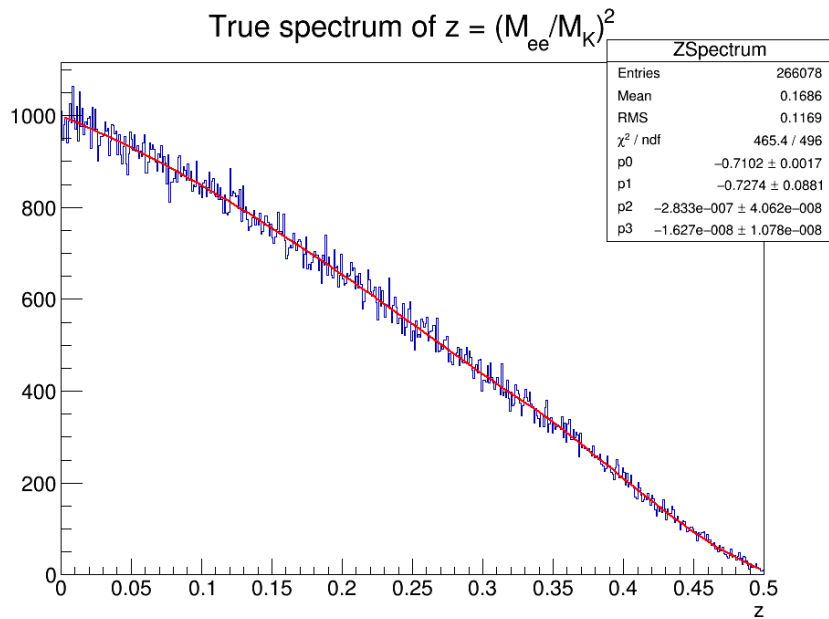
292000 событий

/t2k1/users/shat/NA62/Analysis/MClists/kpiee_SM.list

Тест МС

$$\frac{d\Gamma}{dz} = \frac{\alpha^2 M_K}{12\pi(4\pi)^4} \lambda^{3/2}(1, z, r_\pi^2) \sqrt{1 - 4\frac{r_e^2}{z}} \left(1 + 2\frac{r_e^2}{z}\right) |W(z)|^2$$

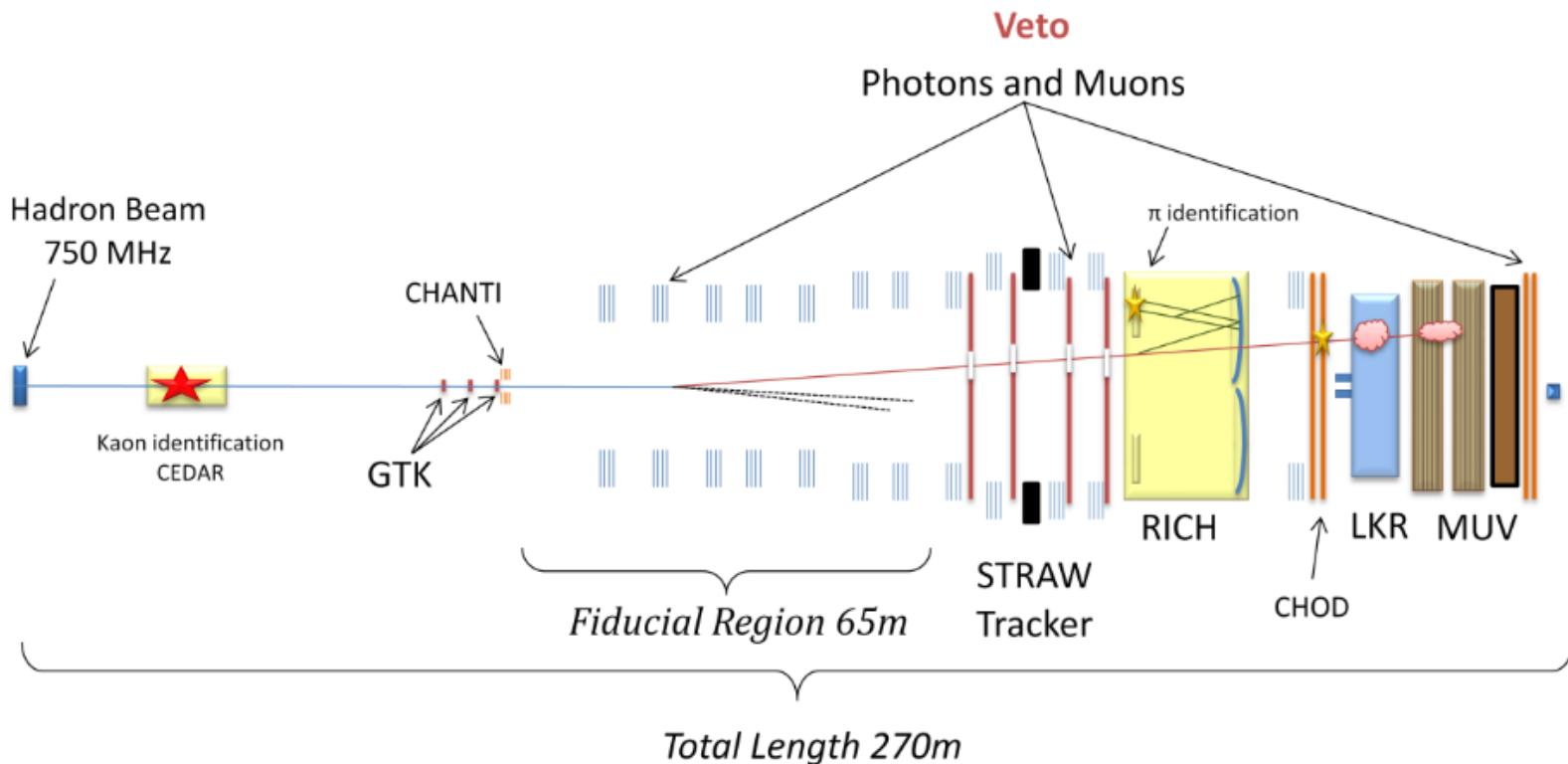
$$W(z) = G_F M_K^2 (a_+ + b_+ z) + W^{\pi\pi}(z)$$



NA62

Первичный пучок:
Протоны с SPS 400 GeV/c
 $\sim 10^{12}$ protons/eff. second on target

Вторичный пучок:
Импульс 75 ± 0.75 GeV/c
Интенсивность ≈ 750 MHz
Каонов в пучке $K^+ \approx 6\%$



Критерии отбора и аксептанс

Критерии	in	out	Acceptance, %	
Хотя бы 1 хороший кандидат в Cedar	292000			
Только 3 трека				
Одна вершина				
χ^2 вершины < 25				
104 < Z < 180 м				
Суммарный заряд = 1				
Хороший трек				
PID				
$M_{ee} < 140 \text{ MeV}$				

Критерии отбора и аксептанс

- К.О. на хороший трек:
 - Трех прошел через 4 камеры
 - Трех находится в геометрическом аксептансе STRAW, CHOD, LKr
 - $|P_{\text{before fit}} - P_{\text{after fit}}| < 20 \text{ GeV}$
 - χ^2 трека < 20
- PID:
 - RICHLikelihoodElectron() $<$ RICHLikelihoodPion() – пион
 - RICHLikelihoodElectron() $>$ RICHLikelihoodPion() – Электрон/позитрон

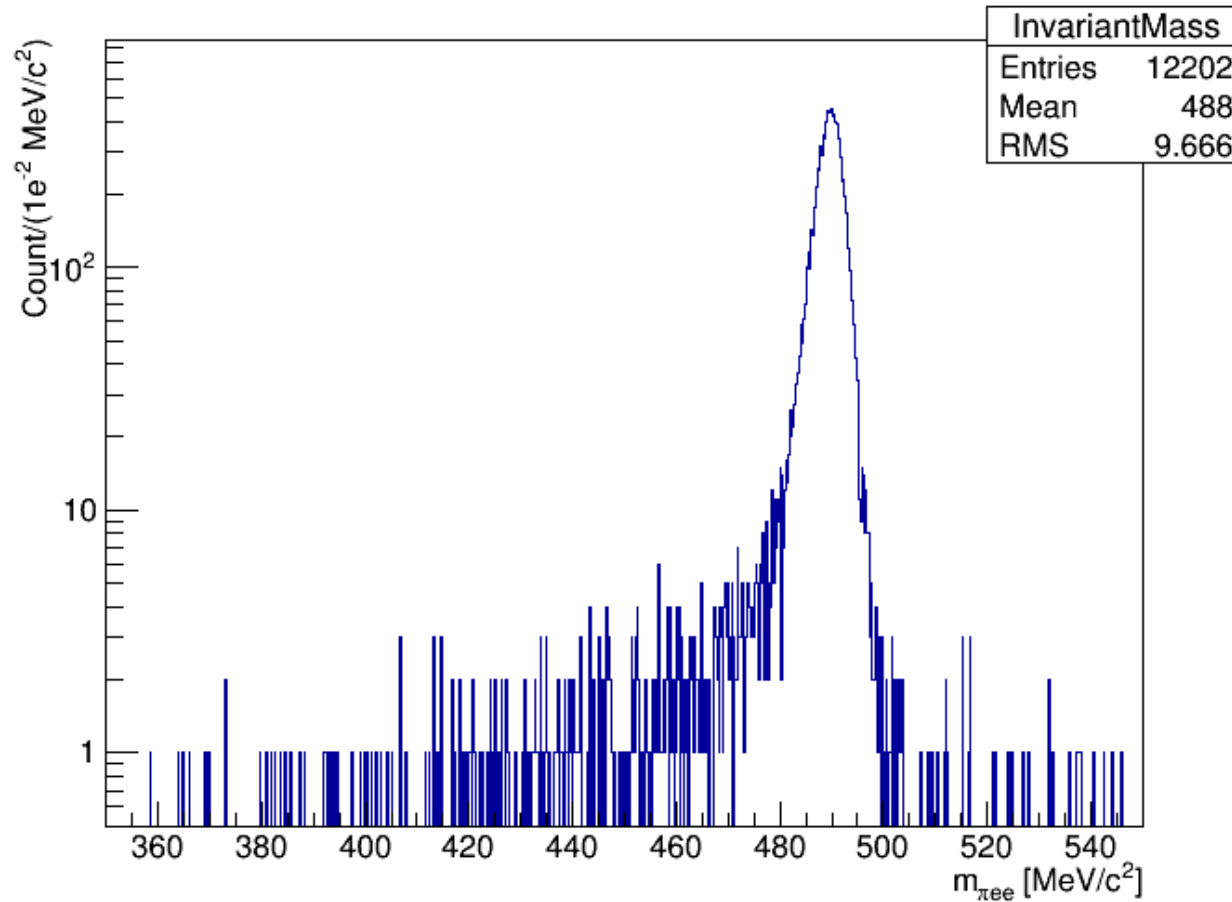
Критерии отбора и аксептанс

Критерии	in	out	Acceptance, %	
Хотя бы 1 хороший кандидат в Cedar	292000	289988	99,31%	99,31%
Только 3 трека	289988	123462	42,57%	42,28%
Одна вершина	123462	108119	87,57%	37,03%
χ^2 вершины < 25	108119	103219	95,47%	35,35%
104 < Z < 180 м	103219	101143	97,99%	34,64%
Суммарный заряд = 1	101143	99010	97,89%	33,91%
Хороший трек	99010	23782	24,02%	8,14%
PID	23782	16832	70,78%	5,76%
$M_{ee} < 140 \text{ MeV}$	16832	12202	72,49%	4,18%

Критерии отбора и аксептанс

Критерии	in	out	Acceptance, %	
Хотя бы 1 хороший кандидат в Cedar	292000	289988	99,31%	99,31%
Только 3 трека	289988	123462	42,57%	42,28%
Одна вершина	123462	108119	87,57%	37,03%
χ^2 вершины < 25	108119	103219	95,47%	35,35%
104 < Z < 180 м	103219	101143	97,99%	34,64%
Суммарный заряд = 1	101143	99010	97,89%	33,91%
Хороший трек	99010	23782	24,02%	8,14%
PID	23782	16832	70,78%	5,76%
$M_{ee} < 140 \text{ MeV}$	16832	12202	72,49%	4,18%

Инвариантная масса M_C



Данные run 2016

Run num	Good bursts	Downscaling ee	T10 intensity
6483	866	2	1,50E+12
6610	755	2	1,30E+12
6625	961	1	3,00E+11
6632	1328	2	1,50E+12
6670	2550	2	1,10E+12
6683	1420	2	1,10E+12

Использована реконструкция:

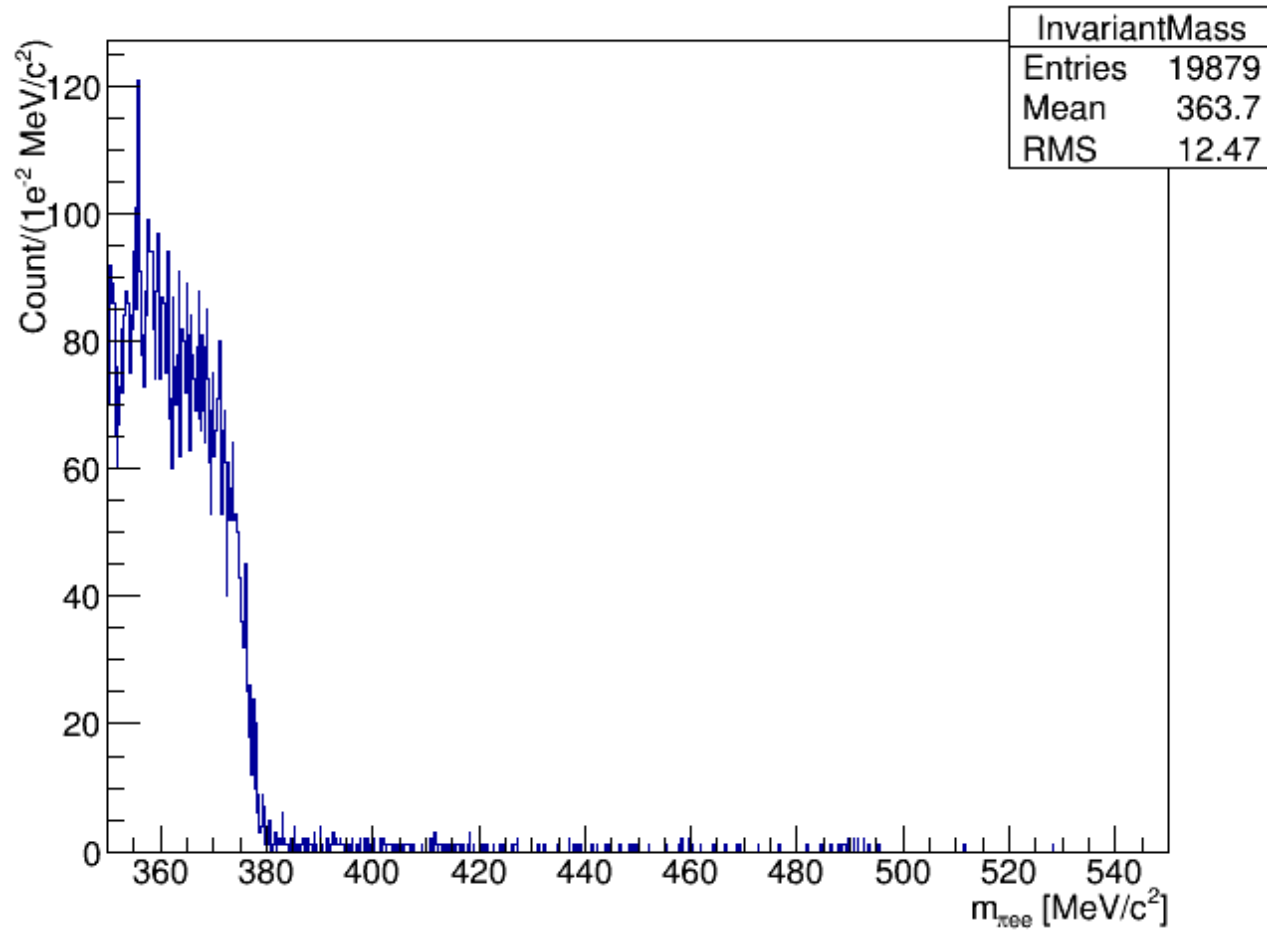
RunXXXXRaw.EOSlist.Positron3TrackVtx.r1421.r1523 с фильтром

RestrictedThreeTrackVertex:

at least one 3-track vertex with $\chi^2 < 40$, $z > 102$ m, $p < 90$ GeV/c, and all tracks reconstructed with 4 STRAW chambers and in the standard STRAW acceptance.

+ триггерная маска 4

Инвариантная масса данные



Заключение

- Улучшен аксептанс в сравнении с предыдущей версией критериев отбора (2.91%)
- Критерии отбора применены к физическим данным Run 2016

Что дальше?

- Улучшить критерии отбора
- Необходим анализ фоновых процессов
- Больше физических данных

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Версии критериев отбора

Cuts	in	out	Acceptance, %	
at least 1 good cedar cand	292000	289988	99,31%	99,31%
3 track	289988	123462	42,57%	42,28%
one 3track vtx	123462	108119	87,57%	37,03%
vtxchi2<25	108119	103219	95,47%	35,35%
104<vtx(z)<180 m	103219	101143	97,99%	34,64%
total charge = 1	101143	99010	97,89%	33,91%
good track cut (1)	99010	29698	29,99%	10,17%
PID(1)	29698	16938	57,03%	5,80%
Mee<140MeV	16938	12397	73,19%	4,25%
good track cut (2)	99010	23782	24,02%	8,14%
PID1	23782	13616	57,25%	4,66%
Mee<140MeV	13616	9969	73,22%	3,41%
good track cut (2)	99010	23782	24,02%	8,14%
PID(2)	23782	16832	70,78%	5,76%
Mee<140MeV	16832	12202	72,49%	4,18%

good cedar cand: 4 sectors				
3 track from DownstreamTrack builder				
good track cut:				
4 chambers (2) (at least 3 chambers (1))				
pbeforefit-pafterfit <20				
in geometrical acceptance of all STRAW, CHOD & LKr				
chitrack<20				
PID(1):				
for track with q=-1:				
Check RICHElectron hypotesis, if no check EoP in LKr				
if (EoP<1.15)&&(EoP>0.9) - electron				
for track with q=+1:				
Check RICHElectron hypotesis, if no check EoP in LKr				
if (EoP<1.15)&&(EoP>0.9) - positron				
if (EoP<0.9)&&(EoP>0.2) - pion				
PID(2):				
pion: RICHLikelihoodElectron() < RICHLikelihoodPion()				
positron: RICHLikelihoodElectron() > RICHLikelihoodPion()				

Первая версия критериев отбора

MC 200000 распадов

Cuts	in	out	Acceptance, %		
Only one 3track vtx	200000	74941	37,47%	37,47%	good track cut:
<2 clusters in LKr	74941	65210	87,02%	32,61%	4 chambers
chi2>25	65210	62239	95,44%	31,12%	pbeforefit-pafterfit <20
115m<vtx(z)<180	62239	52458	84,28%	26,23%	in geometrical acceptance of all STRAW, CHOD & LKr
total charge = 1	52458	51472	98,12%	25,74%	
good track cut	51472	14273	27,73%	7,14%	PID:
3 clasters in LKr	14273	14204	99,52%	7,10%	(EoP>0.2)&&(EoP<0.9) pion
PID	14204	8405	59,17%	4,20%	(EoP<1.15)&&(EoP>0.9) electron/positron
3 cand in CHOD	8405	5821	69,26%	2,91%	
					3 cand in CHOD:
					associated with track
					T<10ns

Current trigger masks: run 6498

- #0:** L0: RICH * NewCHOD * !MUV3 / 200, L1: KTAG
Purpose: $K^+ \rightarrow e^+ \nu$; world leading for $K^+ \rightarrow e^+ \nu_H$ production search
- #1:** L0: RICH * NewCHOD * !Q_X * UTMC * !MUV3 * !LAV12 * !(LKr>20GeV) / 1
L1: KTAG * !LAV * STRAW
Purpose: $K \rightarrow \pi \nu \nu$
- #2:** L0: RICH * Q₂ * MO2 * !(LKr>20) / 1; L1: STRAWexotics
Purpose: “beam dump” $A' \rightarrow \mu \mu$
- #3:** L0: RICH * Q_X * MO1 / 5; L1: KTAG * !LAV * STRAWexotics
Purpose: $K \rightarrow \pi \mu e$, including LFV and exotic resonances
- #4:** L0: RICH * Q_X * (LKr>20GeV) / 4; L1: !LAV * STRAWexotics
Purpose: K, π^0 decays to ee (incl. LNV); “beam dump” $A' \rightarrow e^+ e^-$ and $N \rightarrow \pi e$
- #5:** L0: RICH * Q_X / 50; L1: KTAG * !LAV * STRAWexotics.
Purpose: multi-track normalization & control trigger
- #6:** L0: RICH * Q_X * MO2 / 1; L1: KTAG * !LAV * STRAWexotics
Purpose: K decays to $\mu \mu$ pairs. Already a NA48/2 class sample

Up to run **6477**, mask **#4** was L0: RICH * Q₂ * MO1 / **10**, L1: !KAG * !LAV * STRAWexotics. Large sample for “beam dump” $N \rightarrow \pi \mu$ search collected, trigger discontinued.

Possible refinement of mask **#4**: when further L0Calo outputs are available, try changing (LKr>20GeV) to (LKr>30GeV), add ($N_{clusters} > 1$).

E. Goudzovski & T. Spadaro, NA62 weekly meeting, 6 October 2016

+ control trigger: CHOD/400

UTMC (bit 12, 0x1000): event satisfies the upper tight-hit-multiplicity cut (event has less than 5 hits)

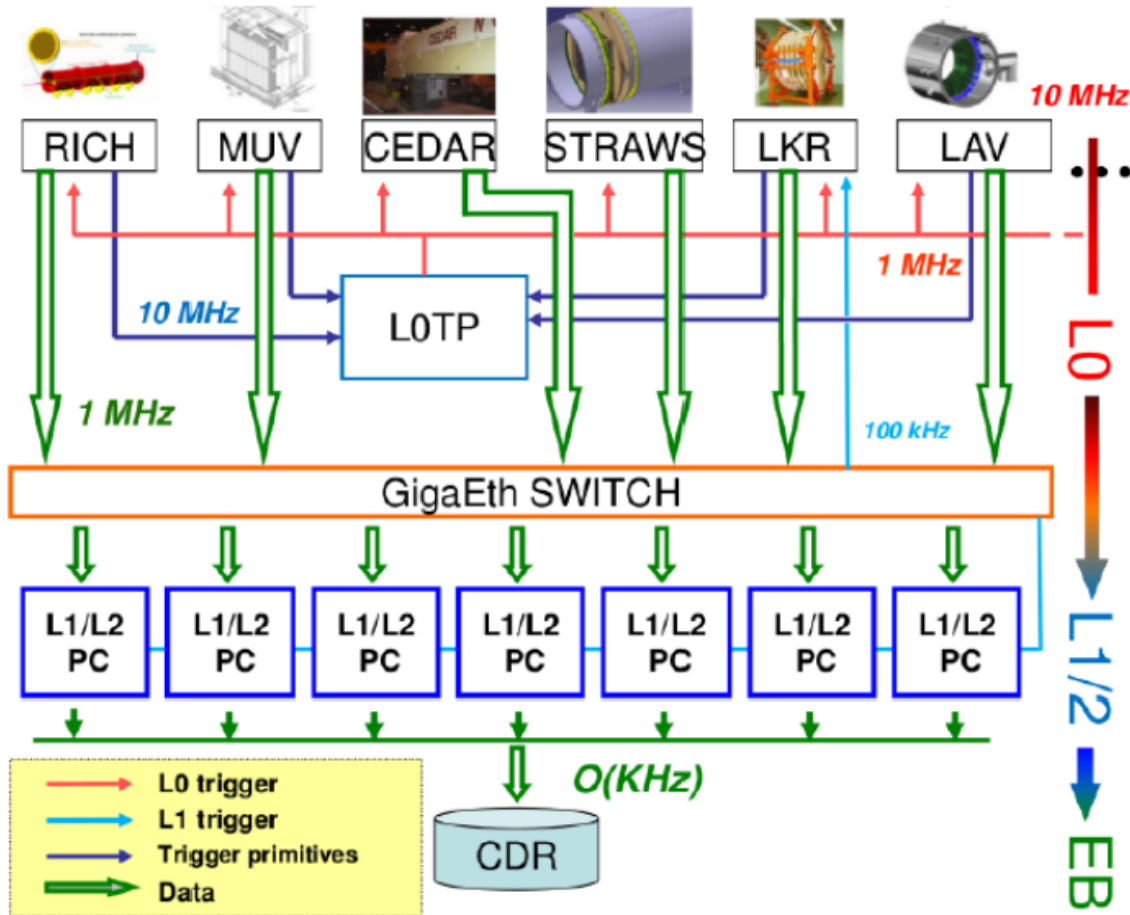
Q2 (bit 10, 0x0400): at least two quadrants are hit [multi-track trigger]

QX (bit 11, 0x0800): at least two diagonally-opposite quadrants are hit [multi-track trigger]

A MO1 (bit 10, 0x0400): outer muon, defined as ML01 or MT01 [the proposed primitive for LFV, i.e. muon+energy]

C MO2 (bit 12, 0x1000): outer dimuon, defined as ML02 or MT02 or MM02 [the proposed primitive for di-muons]

TDAQ

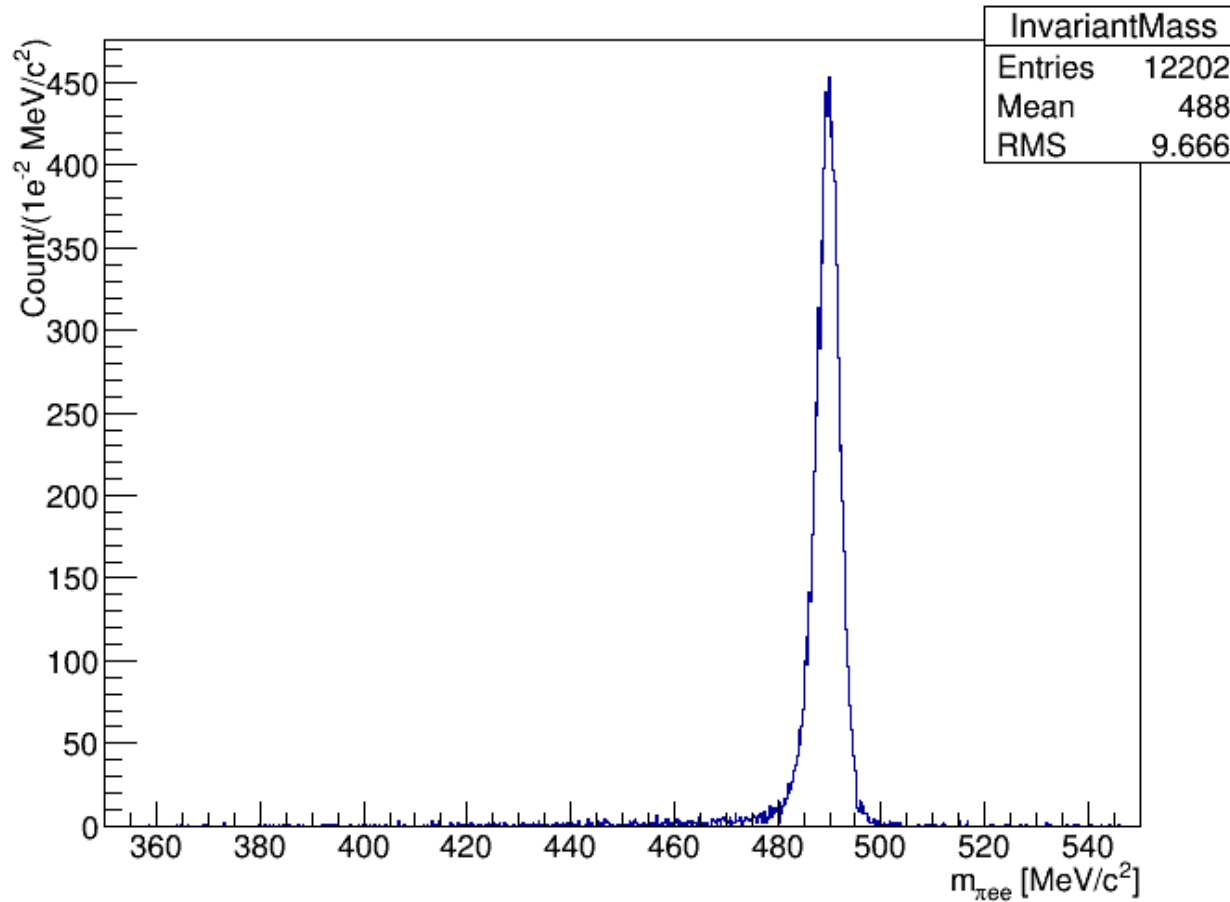


- NewCHOD
- RICH
- LKr
- MUV3
- LAV
- CHOD

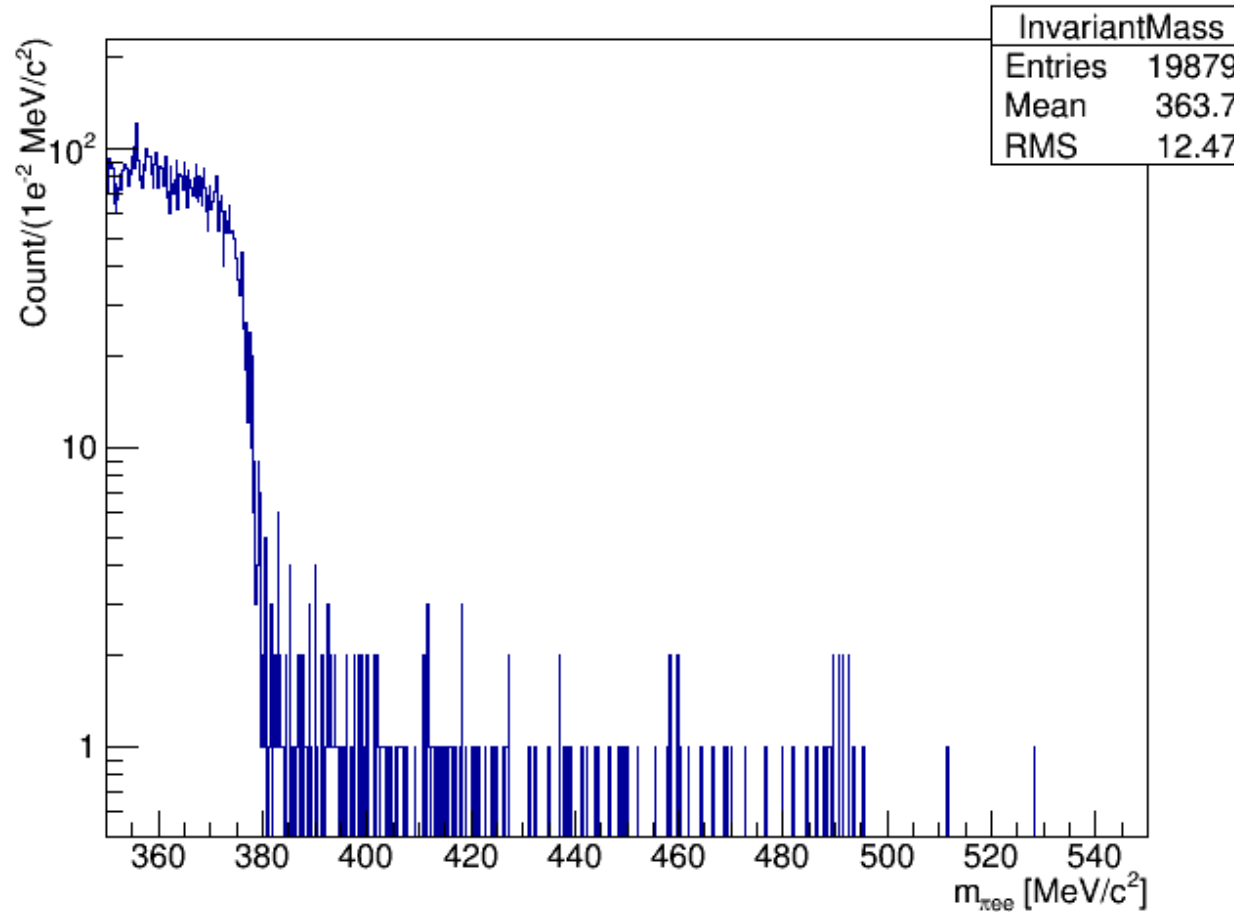
Primitive triggers (TEL62)
Latency 1ms

More complicated algorithms
Latency ~spill (4s)

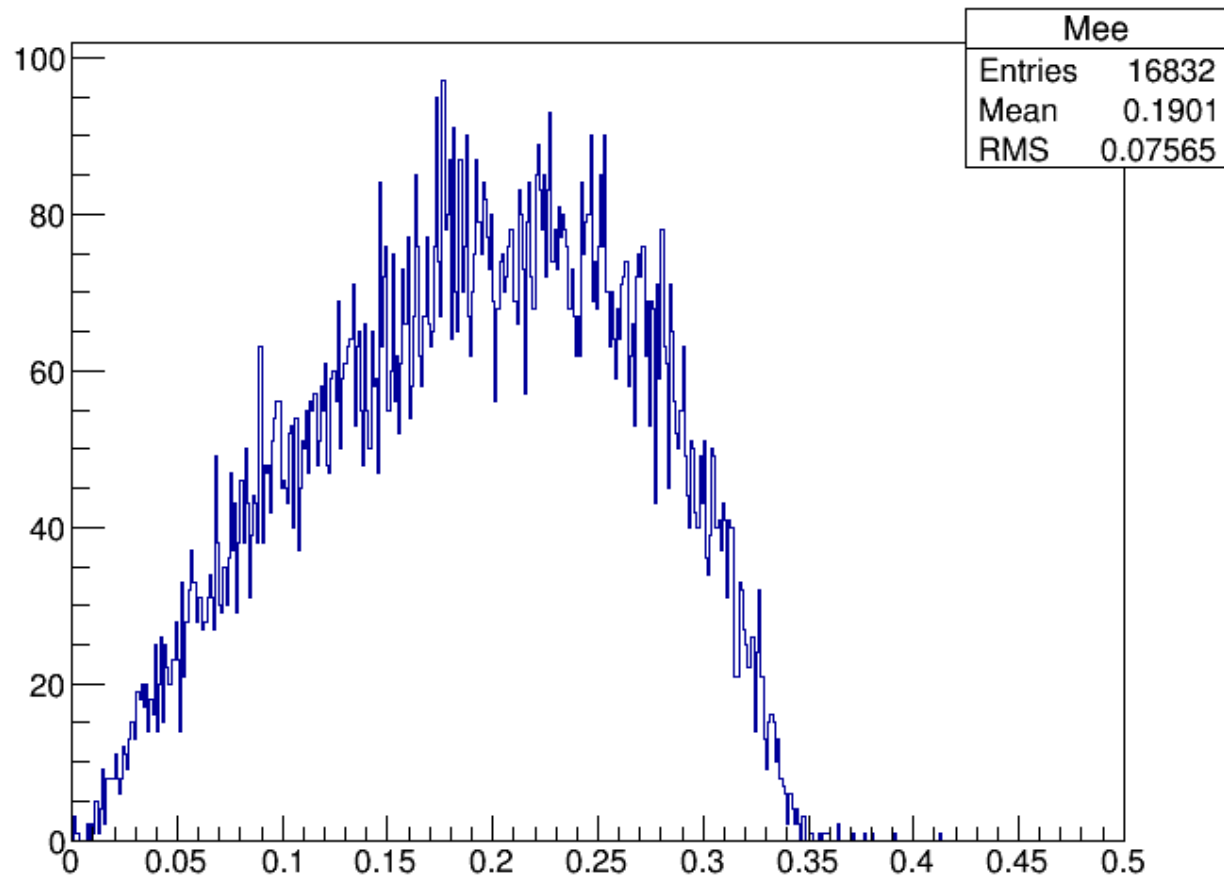
Инвариантная масса M_C



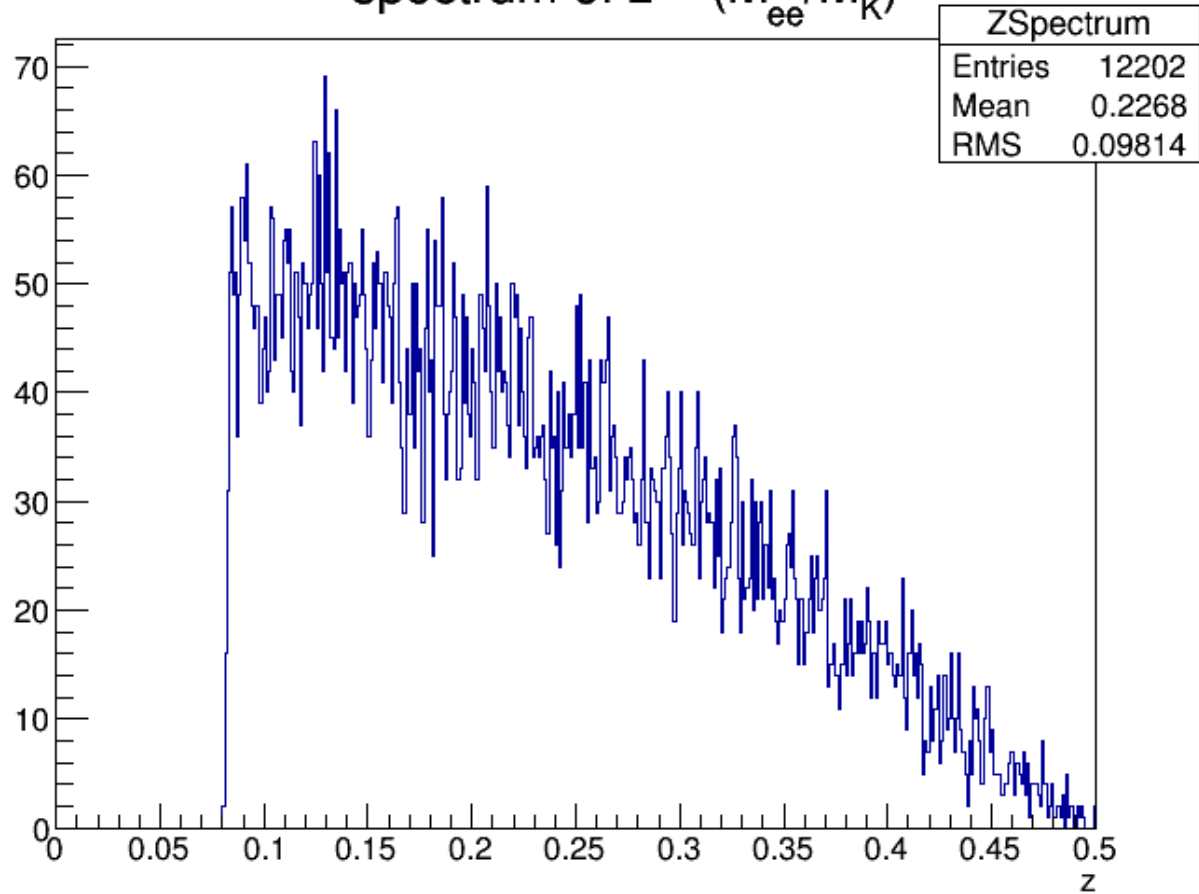
Инвариантная масса данные



Спектр суммарной массы электрона и позитрона



spectrum of $z = (M_{ee}/M_K)^2$



True Zvertex

