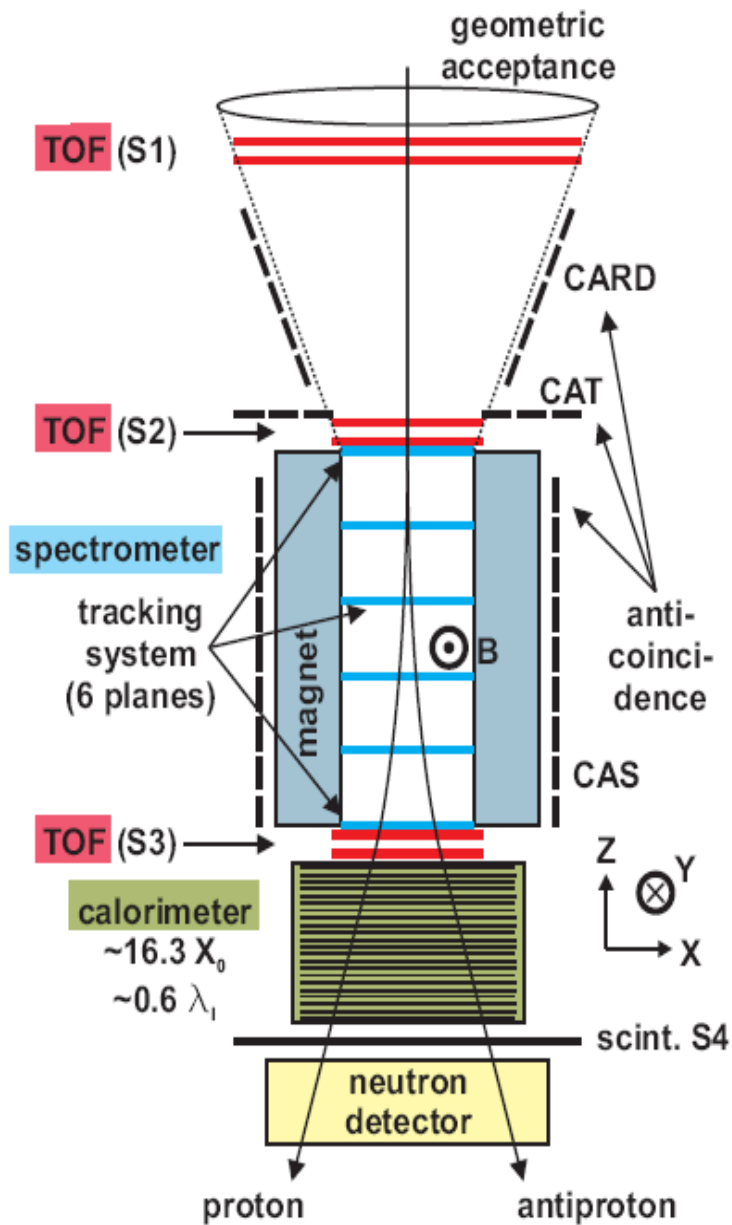


**СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОНОВ,
ПРОТОНОВ И АЛЬФА-ЧАСТИЦ
ПО ИЗМЕРЕНИЯМ
СПЕКТРОМЕТРА ПАМЕЛА**

**Ю.И. Стожков, А.А. КВАШНИН, международное
сотрудничество ПАМЕЛА,**

33 ВККЛ, Дубна, ОИЯИ, 11-15 августа 2014 г.



СПЕКТРОМЕТР ПАМЕЛА

$$\Gamma_1(\text{ТРК и КАЛО}) = 20 \text{ см}^2\text{ср}$$

$$\Gamma_2(\text{КАЛО}) = 400 \text{ см}^2\text{ср}$$

Flight date : 02.01.2008
 Absolute time : 1199286739
 Packet number : 13166933
 Entry number : 1214436
Neutrons : **2**

Electron: 156 GeV

Event viewer
⏏

tracker

summary information

n-tracks 1 n-singlets 0
 summary mips left 0.00
 x-view n 0 mips 0.00
 y-view n 0 mips 0.00

track details

selected track 0

base sum 3 x 4 y 5
 fit chi-square 2.2788
 <dEdx>, mips 1.18
 rigidity 139.4 deflection 0.01
 charge sign n/a

ToF system

beta 100.00 direction n/a
 <dEdx>, mips 0.00

s4 detector

energy release, mips 494.21

neutron detector

event 2 upper 15 bottom 3

calorimeter

summary information

half q-total, mips 19066
 n-hits s 1287 x 1631 y 1616
 released mips sum/2 19066
 x-view 19454 y-view 18677
 saturated sum 0 x 0 y 0
 qx22 435.5 nx22 27
 xplm 12 yplm 12 sf.trig false
 Gev(e) 9914133. error 117665

selected strip

view X plane 00 strip 00
 mips left 00000 saturated

plots helpers

current file summary

file name	L2PAM080102c.root	date	02.01.2008
total events	1901963	inflight time	86716
livetime	n/a	deadtime	n/a

file position (entries explore)

current entry 1214436

event layering

#	01	name	Z=1
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10		

comment .no comment
 size 46 time 1000000 ms
 part 00.00 % flux 00.0000 e/(s g)

current subentry 26.46

manual layer filtering

layer management utilities

event quick search

quick search criteria cl-qtot 100000

current event summary information

orbital information

packet number	13166933	latitude, deg	69.987
absolute time, s	1199286739	longitude, deg	117.870
board time, ms	594477847	altitude, km	571.091
GM time	15.12.19	L-shell, radii	5.669
GMC rigidity	0.464	B-abs, gauss	0.465

trigger information

runevent	12750	livetime	23	deadtime	9
rates top	183	middle	31	bottom	25
trigger rates	251	109	444	150	1018
s4+calorimeter rates	71	0	trigger config	CALO	

horus database quick info

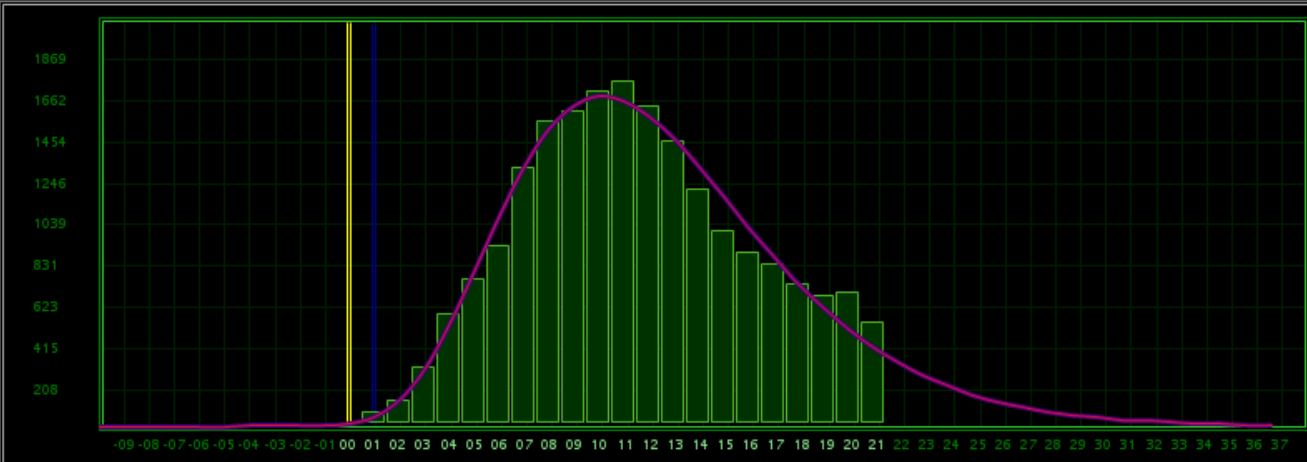
current user	owner	task	abstract	order	1
record	no recs	Nº	created	-	
owner	--	task	--	-	
code ID	--	filtering order	--	access level	--

calorimeter data analysis utilities

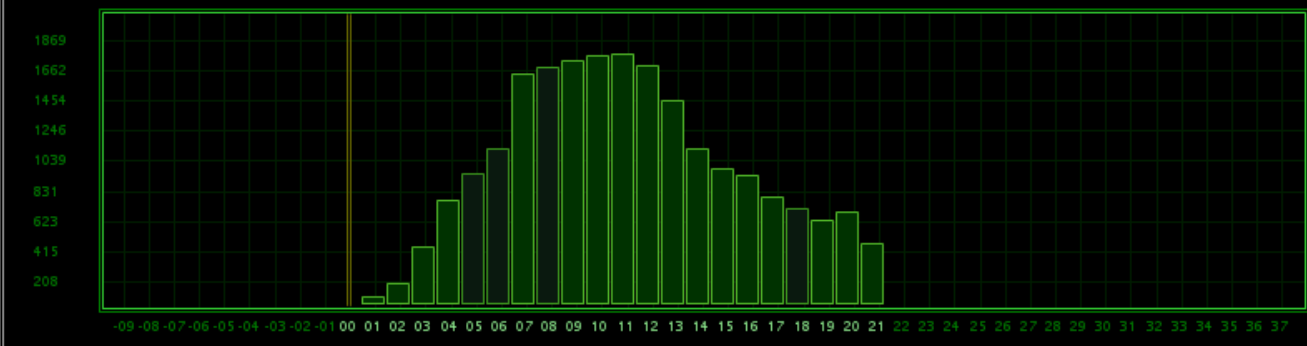
ASC-II formatted data output

additional actions

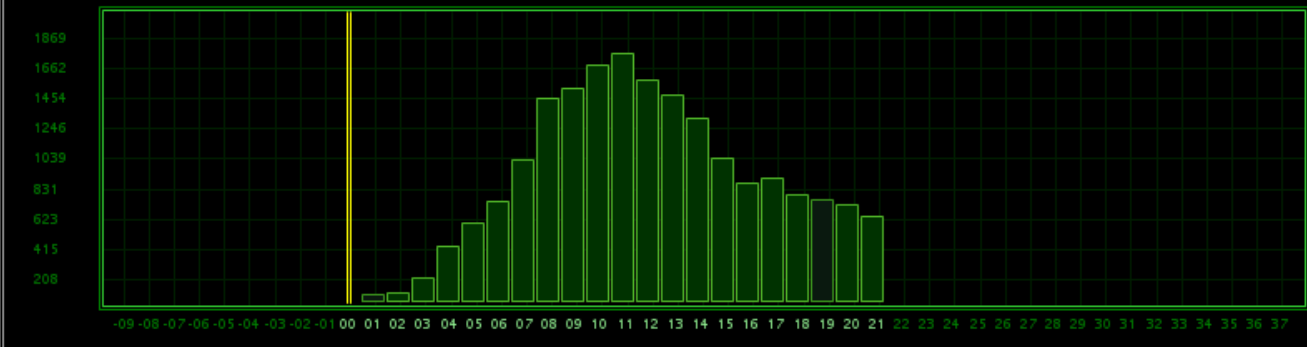
summary cascade curve



x-view cascade curve



y-view cascade curve



planes treatment tools

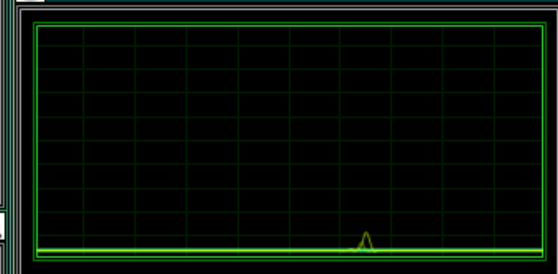
summary curve cursor

plane 00 source mips 10.24 fit mips 00000.00
 x-mips 13.67 y-mips 6.82 [x/y] ratio 200.54
 [Left Arrow] [Right Arrow] [Green Plus] Include plane [Red Minus] Exclude plane [Blue Refresh] Reset

y-view curve cursor

plane 00 mips 6.82 hits 0 confidence -
 parametric quality (chi2) - passes done -
 q.core - w.core - q.pvm - w.pvm -

slice profile



[Left Arrow] [Right Arrow] [Green Plus] Middle average [Blue Refresh] Another view [Blue Refresh] Reset

cascade curve approximation

primary cascade parameters

x-max 10.18 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.250 [Lock Icon] imp.pl 1 [Find Icon] Find
 q-max 1661.60 [Up Arrow] [Down Arrow] 69.471 [Lock Icon] passes to do 10 [Up Arrow] [Down Arrow]
 K 0.8696 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.00500 [Lock Icon] passes done 10880
 D 5.8470 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.01000 [Lock Icon] chi^2 61.798846

secondary cascade parameters

[Sun Icon] [Green Plus] Include plane [Red Minus] Exclude plane [Table Icon] Initial values
 x.s 00.00 [Up Arrow] [Down Arrow] q.s 00.00 [Up Arrow] [Down Arrow] w.s 00.000 [Up Arrow] [Down Arrow] [Approximate Icon] Approximate

resulting data (level.3)

l2 summary mips 19066 half-qtot mips 19066
 profiled mips 20051 x 20988 y 19113 ratio 109
 integral mips 21505 restoration increment 112.79
 attack 8862.960 decay n/a sustain n/a
 release 12641.914 cascade asymmetry 0.701

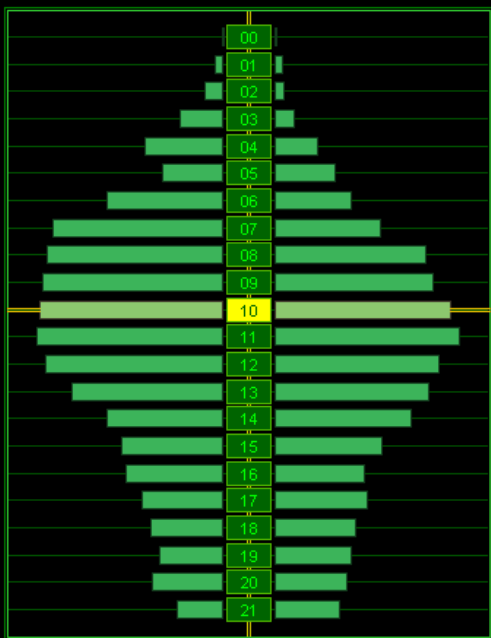
approximation logger

chi^2 course [Table Icon] [Table Icon] [Recall Icon] Recall pass
 selected pass 00
 chi^2 value 00.000000

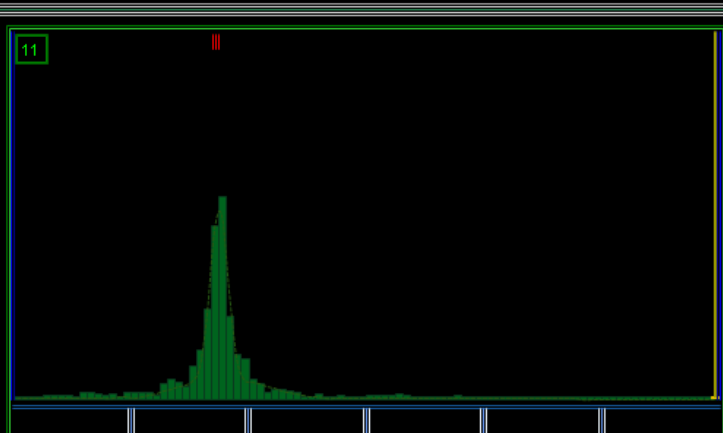
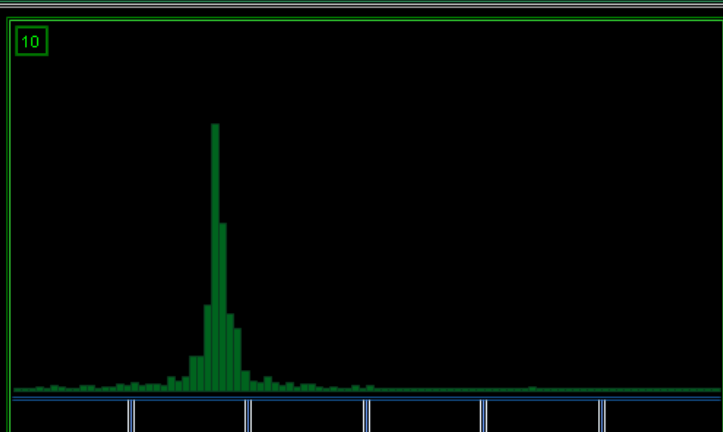
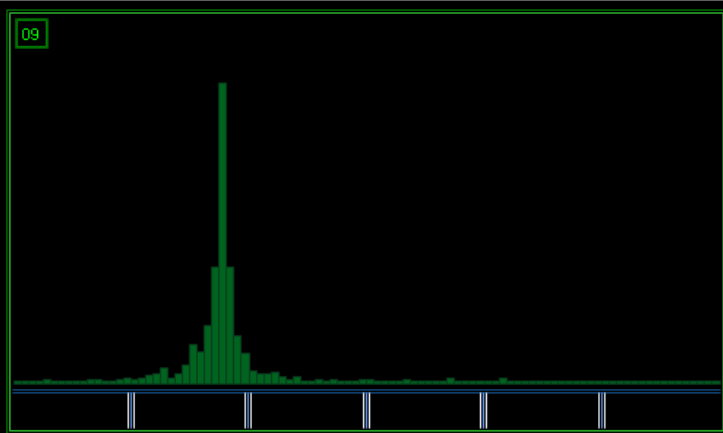
additional actions

[Blue Refresh] Reset all fits [Table Icon] Smooth curve [Purple Star] Pass LNF analysis
 [ASCII Icon] ASCII [Excel Icon] Excel [DB add Icon] DB add [DB manager Icon] DB manager [Exit Icon] Exit

cascade course profile



x-view planes



y-view planes



selected plane summary

plane : 1

s-mips : 1686.09	s-hits : 0	s-sat : 0
x-mips : 1725.87	x-hits : 0	x-sat : 0
y-mips : 1646.31	y-hits : 0	y-sat : 0

selected strip summary [x-view] [plane:11] [strip:95]

mips:0000.00	good	w:0.0000	a:n/a
--------------	------	----------	-------

region selection [00]-[95] Strip cutter

Plane Strip section Region toggle Strip toggle

crosstalk effect parameters

parameters delta 0.0270 offset 38 Defaults

plane profile approximation

profile fit curves plotting Affected curve Normal curve

pk:27.62 qc:0356.77 qp:046.99 wc:01.027 wp:01.177

chr:07.8644 cr:0.538598 passes 5 repeats 5

Initial parameters Approximate all Approximate plane

Middle average Smooth parameters Pass LNF analysis

Discard all Discard qualification Qualify current profile

additional analysis

Cascade track baseline calculation Cascade course dynamics

Cascade curve analysis Secondary cascade Particle ID

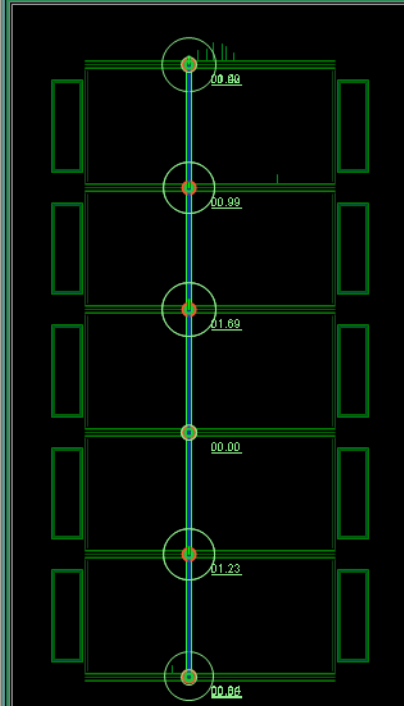
work results management

DB add DB manager ASCII Run Excel Close

Flight date : 23.02.2008
 Absolute time : 1203804618
 Packet number : 5309352
 Entry number : 1783732
 Neutrons : 2
 Minus

Electron: 199 GeV

Event viewer



tracker

summary information

n-tracks 2 n-singlets 9
 summary mips left 28.72
 x-view n 8 mips 27.35
 y-view n 1 mips 1.37

track details

selected track 0

base sum 3 x 5 y 3
 fit chi-square 1.7501
 <dEdx>, mips 1.25
 rigidity 120.7 deflection -0.01
 charge sign negative

ToF system

beta 1.061 direction down
 <dEdx>, mips 0.00

s4 detector

energy release, mips 529.26

neutron detector

event 2 upper 4 bottom 6

calorimeter

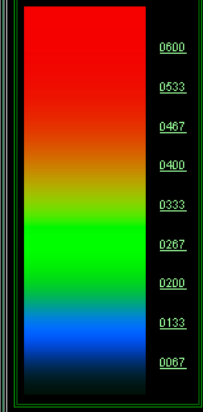
summary information

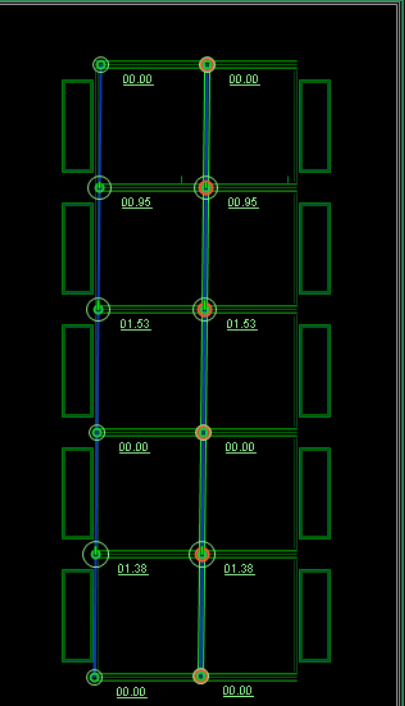
half q-total, mips 23089
 n-hits s 1268 x 637 y 631
 released mips sum/2 23089
 x-view 21919 y-view 24258
 saturated sum 0 x 0 y 0
 qx22 596.5 nx22 48
 xplm 15 yplm 16 slf.trig false
 Gev(e) 1200621 error 142452

selected strip

view X plane 00 strip 00
 mips left 00000 saturated

plots helpers





current file summary

file name	L2PAM080223croot	date	23.02.2008
total events	1944018	inflight time	86539
livetime	n/a	deadtime	n/a

file position (entries explore)

current entry 1783732

event layering

#	01	name	Z=1	
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

comment no comment
 size 43 time 1000000 ms
 part 00.00 % flux 00.0000 e/(s.g)

current subentry 3743

manual layer filtering

+ Add current event - Delete current event Reset current layer

layer management utilities

Open layers manager Update layers content Browse files

event quick search

quick search criteria cl-qtot 100000

current event summary information

orbital information

packet number	5309352	latitude, deg	69.680
absolute time, s	1203804618	longitude, deg	166.604
board time, ms	1000767005	altitude, km	550.135
GM time	22:10:18	L-shell, radii	5.796
GMC rigidity	0.443	B-abs, gauss	0.449

trigger information

runevent	8658	livetime	5	deadtime	9	
rates top	189	middle	42	bottom	51	
trigger rates	245	110	427	154	995	630
s4+calorimeter rates	51	0	trigger config	CALO		

horus database quick info

current user	owner	task	abstract	order	1
record	no recs	Nº	--	created	--
owner	--	task	--	--	--
code ID	--	filtering order	--	access level	--

calorimeter data analysis utilities

Cascade curve analysis Cascade plane profiles Update data

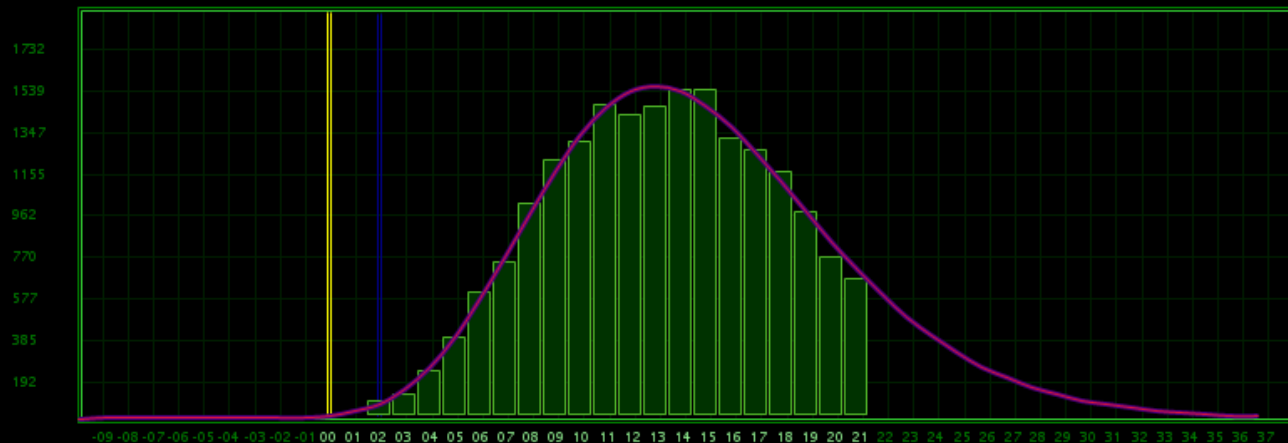
ASC-II formatted data output

Save event Save layer Show file content Preferences

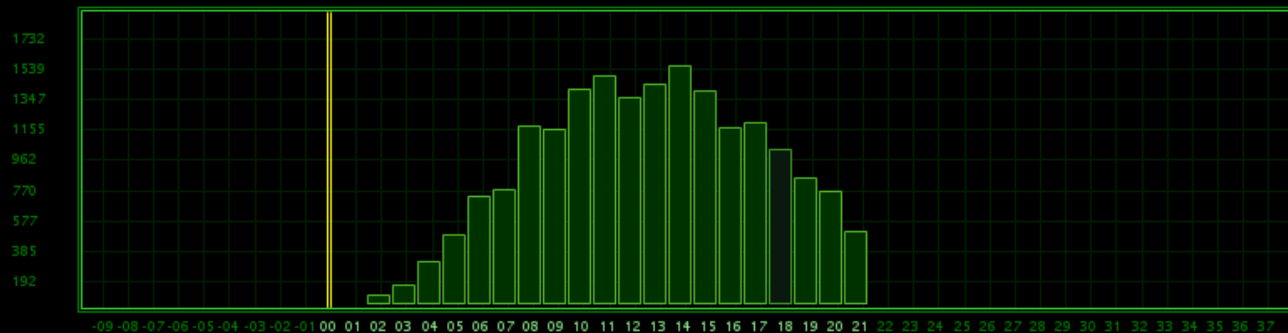
additional actions

Change user data Show ROOT console Spectrum database
 Time variations plotting Histogram plots Table designer
 Open database explorer Configuration Leave event viewer

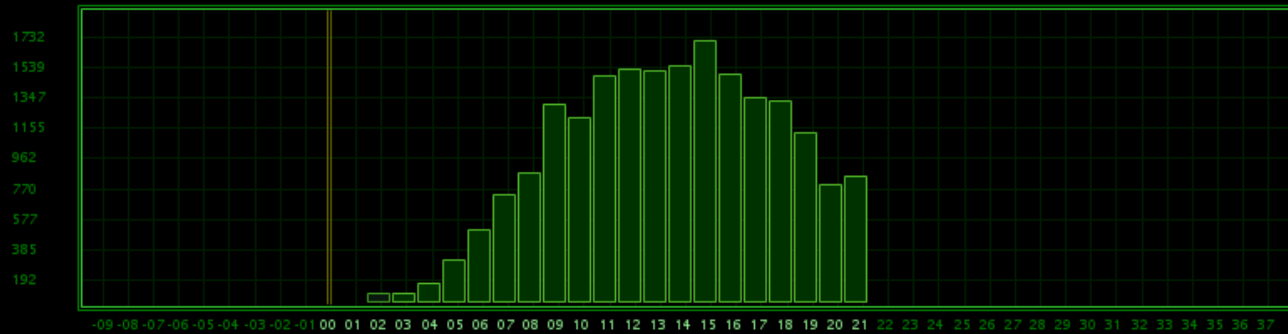
summary cascade curve



x-view cascade curve



y-view cascade curve



planes treatment tools

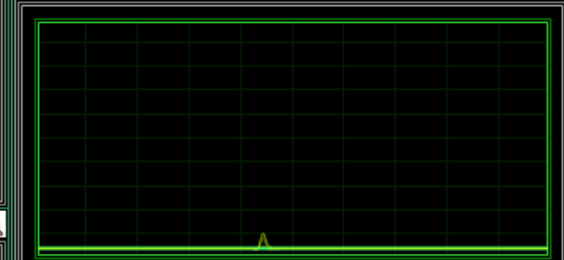
summary curve cursor

plane **00** source mips 2.86 fit mips 00000.00
 x-mips 3.13 y-mips 2.59 [x/y] ratio 120.84
 [Left Arrow] [Right Arrow] [Green Plus] Include plane [Red Minus] Exclude plane [Blue B] Reset

x-view curve cursor

plane **00** mips 3.13 hits 0 confidence -
 parametric quality (chi2) - passes done -
 q.core -- w.core -- q.pvm -- w.pvm --

slice profile



[Left Arrow] [Right Arrow] Middle average [Double Arrow] Another view [Blue B] Reset

cascade curve approximation

primary cascade parameters

x-max 13.00 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.250 [Lock] 1st impact 2 [Lock]
 q-max 1924.37 [Up Arrow] [Down Arrow] 76.152 [Lock] passes to do 10 [Lock]
 K 1.6415 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.00500 [Lock] passes done 5120
 D 4.3309 [Up Arrow] [Down Arrow] 0.01000 [Lock] ... chi^2 45.34037

secondary cascade parameters

actions

[Sun] [Green Plus] Include plane [Red Minus] Exclude plane [Initial Values]
 x.s 00.00 [Up Arrow] [Down Arrow] q.s 00.00 [Up Arrow] [Down Arrow] w.s 00.00 [Up Arrow] [Down Arrow] Approximate

resulting data (level.3)

l2 summary mips 23089 half-qtot mips 23089
 profiled mips 23750 * 23166 y 24334 ratio 95.2
 integral mips 27421 restoration increment 118.76
 attack 10665.179 decay n/a sustain n/a
 release 16755.879 cascade asymmetry 0.637

approximation logger

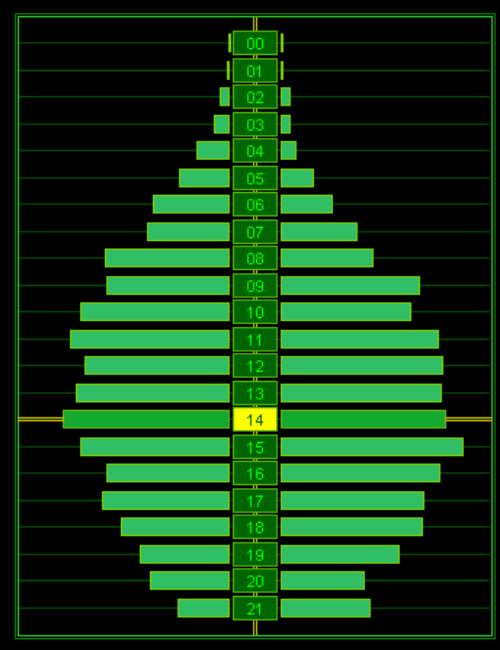
chi^2 course

[Left Arrow] [Right Arrow] [Recall pass]
 selected pass **00**
 chi^2 value 00.000000

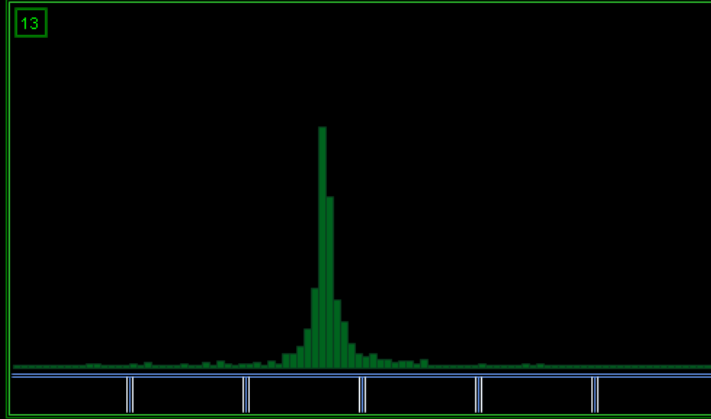
additional actions

[Blue B] Reset all fits [Smooth curve] [Pass LNF analysis]
 [Save ASC-II] [Add to DB] [DB manager] [Exit]

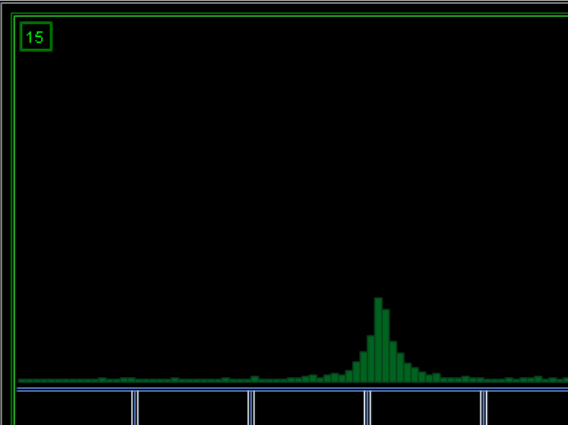
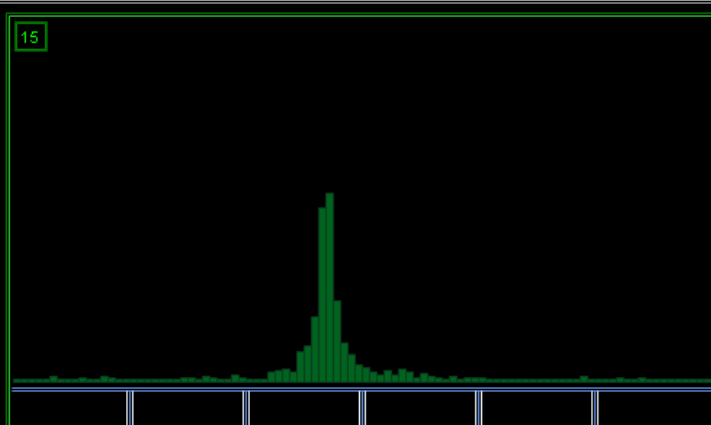
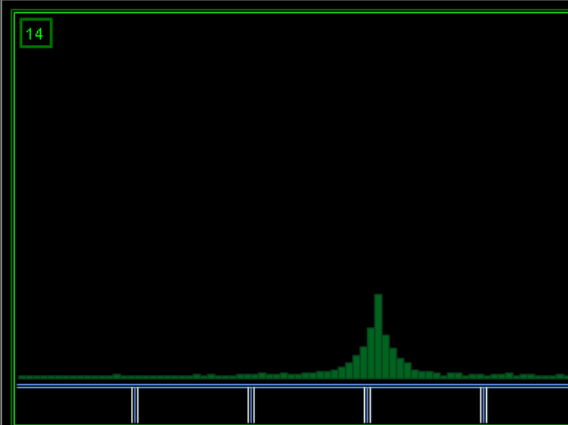
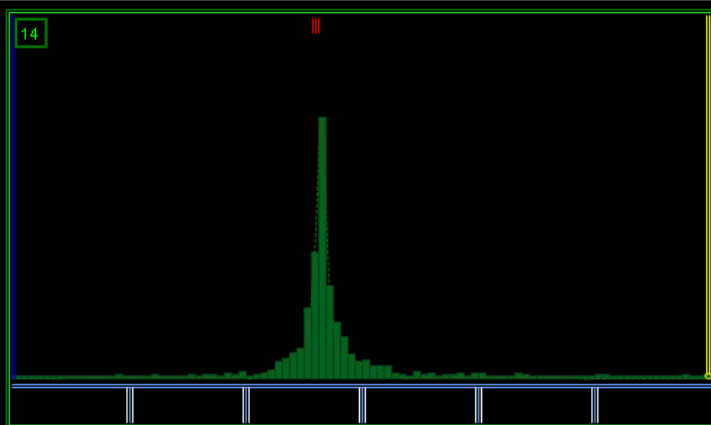
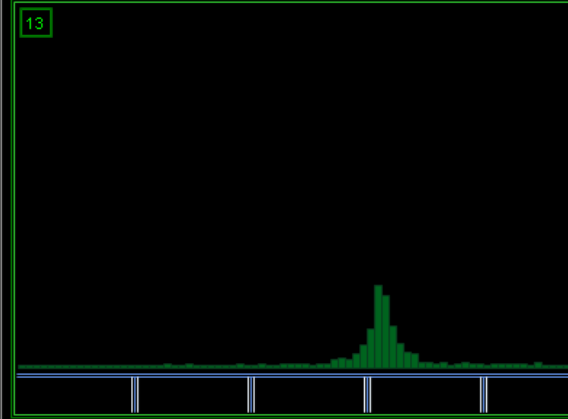
cascade course profile



x-view planes



y-view planes



selected plane summary **plane : 1**

s-mips : 1901.71	s-hits : 0	s-sat : 0
x-mips : 1912.00	x-hits : 0	x-sat : 0
y-mips : 1891.42	y-hits : 0	y-sat : 0

selected strip summary **[x-view] [plane:14] [strip:95]**

mips:0001.75 good w:0.0076 a:n/a

region selection [] [] - [00]-[95] - [] [] Strip cutter

Plane [] Strip section [] Region toggle [] Strip toggle []

crosstalk effect parameters

parameters delta 0.0270 [] offset 38 [] [] Defaults

plane profile approximation

profile fit curves plotting [] Affected curve [] Normal curve

pk:41.93 [] qc:0518.40 [] qp:091.10 [] wc:00.590 [] wp:00.859 []

chi:06.5783 [] 3.930 [] passes to do 5 [] repeats to do 5 []

[] Initial parameters [] Approximate all [] Approximate plane

[] Middle averages [] Smooth parameters [] Pass LNF analysis

[] Discard all [] Discard qualification [] Qualify current profile

additional analysis

[] Profile course [] Cscd. curve [] Sec. cscds. [] Particle ID

work results management

Prof.Fits [] Add to the database [] DB manager

[] Save all results in ASC-II format [] Leave cascade analysis

Flight date : 11.07.2006
 Absolute time : 1152599625
 Packet number : 283835
 Entry number : 185921
Neutrons : **1**
 Weak saturation

electron: 295 GeV

Event viewer

tracker

summary information

n-tracks 0 n-singlets 3
 summary mips left 16.27
 x-view n 2 mips 11.64
 y-view n 1 mips 4.62

track details

selected track --

base	sum	no	x	no	y	no
fit chi-square	n/a					
<dEdx>, mips	n/a					
rigidity	n/a	deflection	n/a			
charge sign	n/a					

ToF system

beta 100.00 direction n/a
 <dEdx>, mips n/a

s4 detector

energy release, mips 826.35

neutron detector

event 1 upper 1 bottom 2

calorimeter

summary information

half q-total, mips 39993

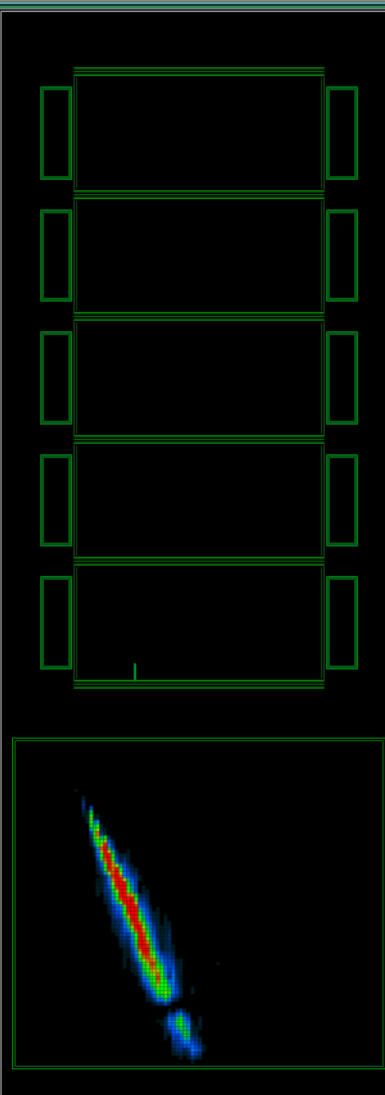
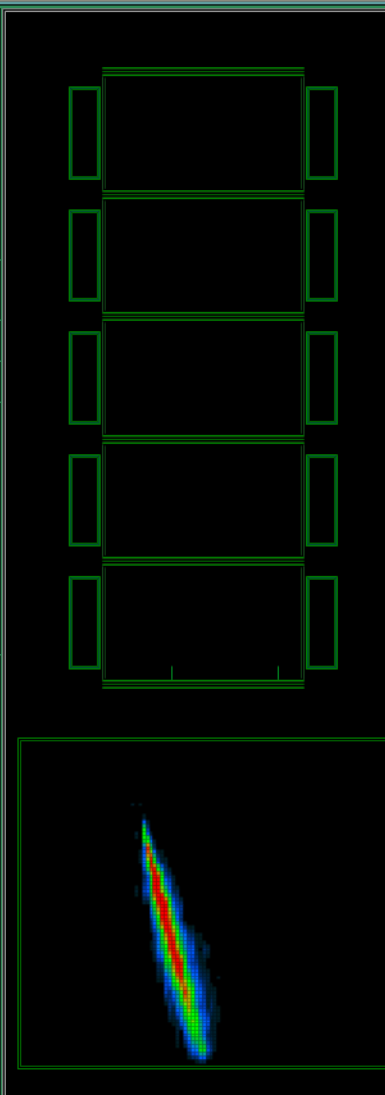
n-hits s 15511 x 213 y 1288
 released mips sum/2 35648
 x-view 35912 y-view 35394
 saturated sum 4 x 3 y 1
 qx22 929.6 nx22 57
 xplm 12 yplm 12 slf.trig false
 Gev(e) 288.47 error 34.56

selected strip

view plane 00 strip 00
 mips left 00000 saturated

plots helpers



current file summary

file name	L2PAM060711.c.root	date	11.07.2006
total events	852350	inflight time	82656
livetime	n/a	deadtime	n/a

file position (entries explore)

current entry 185921

event layering

#	00	name	unnamed
comment			not commented
size	10000000	ev	time 1000000 ms
part	00.00 %	flux	00.0000 e/(s.g)

current subentry 0

manual layer filtering

+ Add current event - Delete current event Reset current layer

layer management utilities

Open layers manager Update layers content Browse files

event quick search

quick search criteria cl-qtot 100000

current event summary information

orbital information

packet number	283835	latitude, deg	1.626
absolute time, s	1152599625	longitude, deg	147.899
board time, ms	18076141	altitude, km	463.780
GM time	6:33:45	L-shell, radii	1.025
GMC rigidity	14.186	B-abs, gauss	0.300

trigger information

runevent	231	livetime	11	deadtime	18
rates top	17	middle	1	bottom	3
trigger rates	68	24	100	35	151
s4+calorimeter rates	16	0			

trigger config CALO

horus database quick info

current user	owner	task	abstract	order	1
record	no recs	Nº	created		
owner		task			
code ID		filtering order	access level		

calorimeter data analysis utilities

Cascade curve analysis Cascade plane profiles Update data

ASC-II formatted data output

Save event Save layer Show file content Preferences

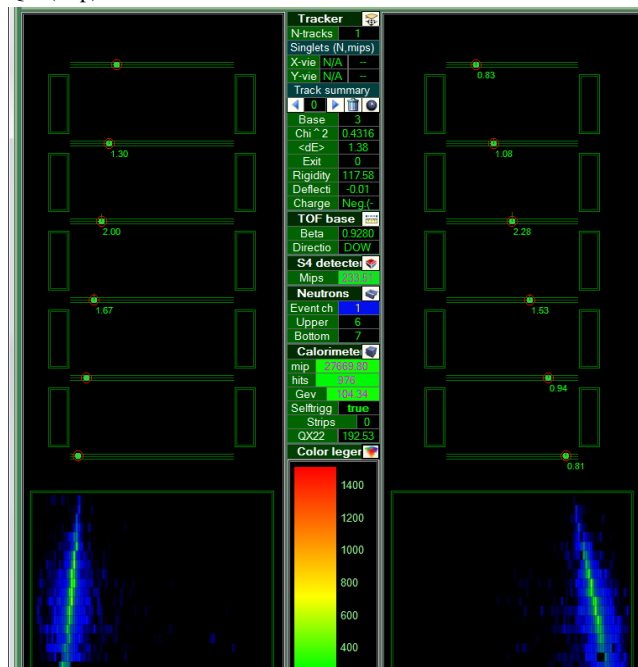
additional actions

Change user data Show ROOT console Spectrum database
 Time variations plotting Histogram plots Table designer
 Open database explorer Configuration Leave event viewer

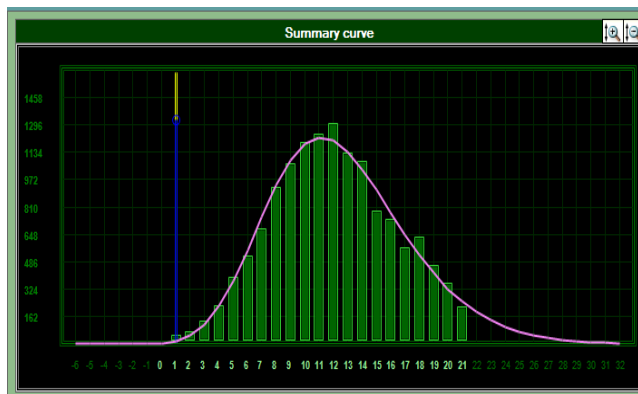
Электрон, 21.06.2006
 $E_{\text{кало}} = 104.91$ ГэВ
Qint(mip) = 28954.55

06:28:55
 $E_{\text{магн}} = -117.58$ ГэВ

Pocket number: 26932
число нейтронов $n = 1$



Source file :
D:\YURI\ПАМЕЛА\ПАМЕЛА20
14\2014\СОБЫТИЯ Р И Е GT
8КМР 2006-
2007\1150871335.26932.XML
Commentaries :
Entry number : 0
UTC date&time : 21.06.2006-
06:28:55
Absolute_time : 1150871335
Pocket_number : 26932
P-first(plane): 1
Q first 4-pl : 278.99
Q-max (Mips) : 1223.64
P-max (plane) : 11.14
k parameter : 1.1000
D parameter : 3.7000
Q-tot (Mips) : 27129.00
Q-int (Mips) : 28954.55
Asymmetry : 0.83
Neutrons[trig]: 1
Neutback[uppr]: 6
Neutback[bott]: 7
Tracker <DEDX>: 1.38
E-tot[e] (276): 98.29
E-tot[R] (26O): 104.34
E-int[e] (276): 104.91
E-int[p] (96): 301.61
Deflection : -0.00851
R-tracker (GV): -117.58



Электрон проходит через трекер и дает каскад в калориметре (верхняя панель). Каскад, образованный электроном в калориметре, и описывающая его рассчитанная каскадная кривая (нижняя панель, розовый цвет). Выражение для расчетной кривой приведено выше. Энергия электрона, полученная из каскадной кривой, равна 105 ГэВ. Энергия, полученная по кривизне трека в магните, равна 118 ГэВ. В

Электрон, 11.07.2006

09:39:41

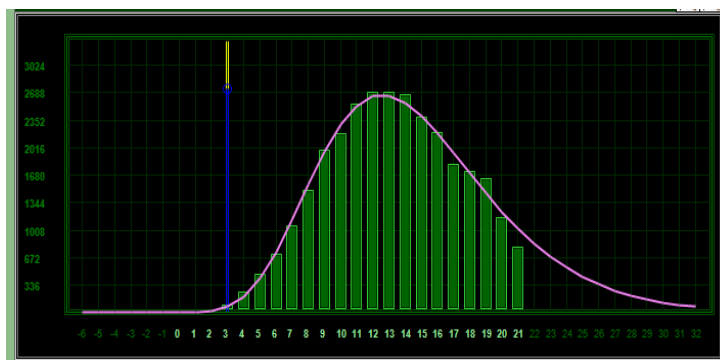
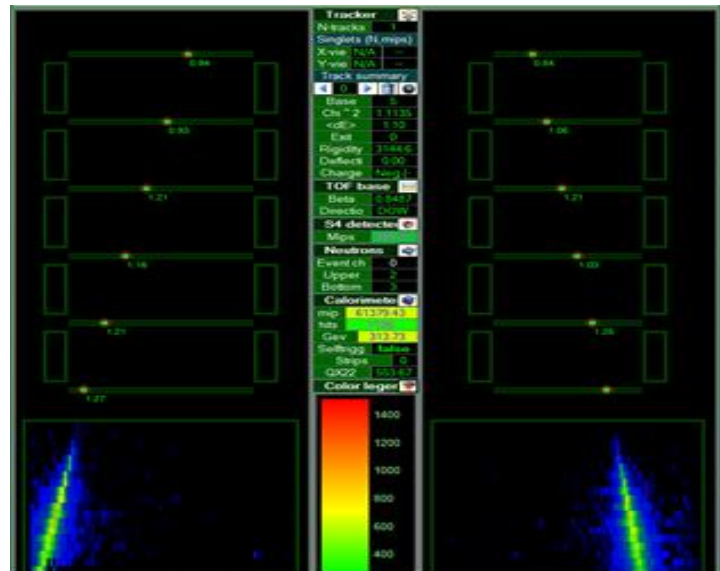
Pocket number: 501983

$E_{\text{кало}} = 249.91 \text{ ГэВ}$

$E_{\text{магн}} = - 3144.65 \text{ ГэВ}$

$n = 0$

$Q_{\text{int}}(\text{mip}) = 68976.48$

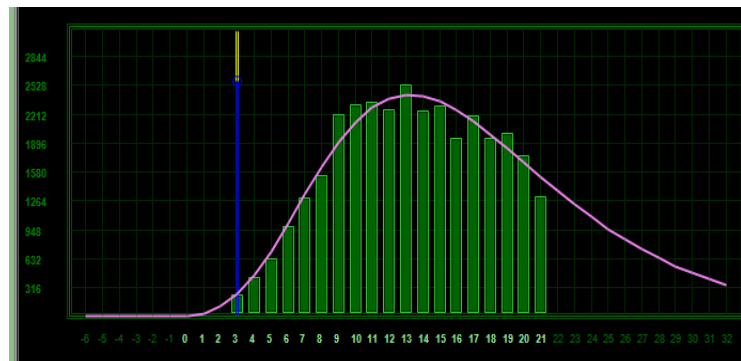
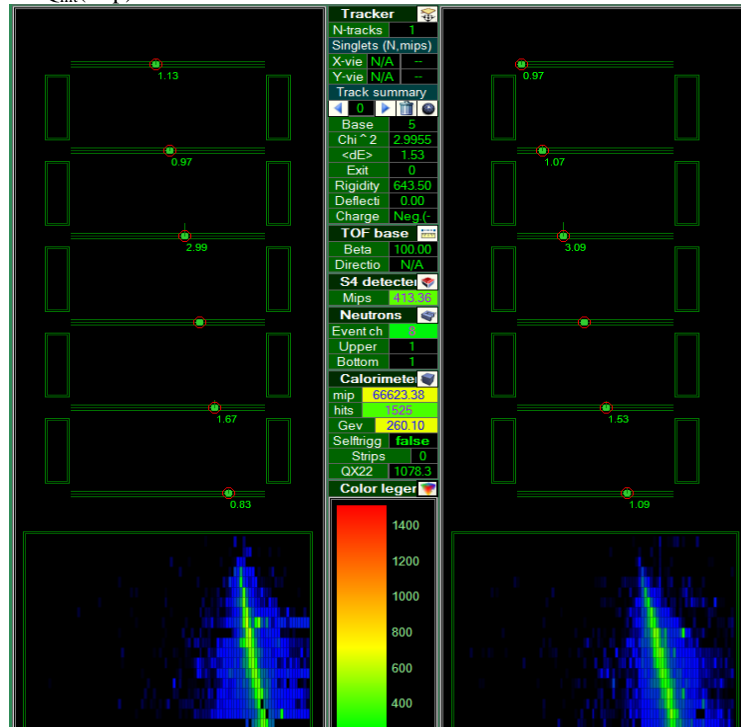


Электрон проходит через трекер и дает каскад в калориметре (верхняя панель). Каскад, образованный электроном в калориметре, и описывающая его рассчитанная каскадная кривая (нижняя панель, розовый цвет). Выражение для расчетной кривой приведено выше. Энергия электрона, полученная из каскадной кривой, равна 250 ГэВ. Энергия, полученная по кривизне трека в магните, не определена. В каскаде нейтроны не были зарегистрированы.

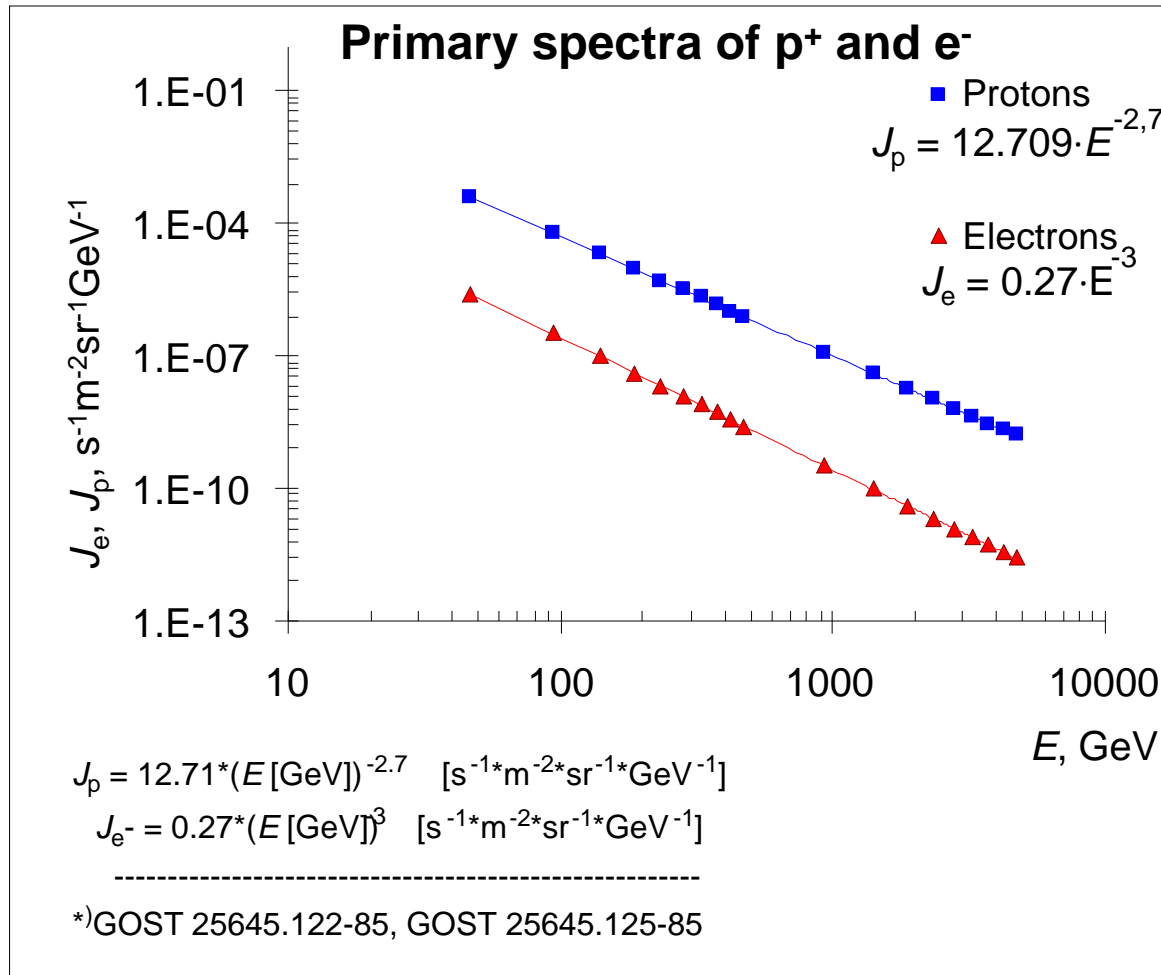
Протон, 11.07.2006
 $E_{\text{кало}} = 907.22 \text{ ГэВ}$
 $Q_{\text{int}}(\text{mip}) = 87092.65$

10:17:42
 $R_{\text{магн}} = -643.50 \text{ ГВ}$

Pocket number: 538562
число нейтронов $n = 8$



Протон проходит через трекер и дает каскад в калориметре (верхняя панель). Каскад, образованный протоном в калориметре, и описывающая его рассчитанная каскадная кривая (нижняя панель, розовый цвет). Энергия протона, полученная из каскадной кривой, равна 907 ГэВ. Энергия, полученная по кривизне трека в магните, не определена. В каскаде зарегистрировано 8 нейтронов.



The primary spectra of Galactic protons and electrons:
 $E = 100 \text{ GeV} \quad (J_e/J_p) \approx 10^{-2}; \quad E = 1000 \text{ GeV} \quad (J_e/J_p) \approx 10^{-3};$

In the flux of primary particles falling on the PAMELA spectrometer the ratio of proton flux to electron ones is $(N_p/N_e) = 10^2 \div 10^3$ for particles with energy 100 - 1000 GeV.

Отбор электронных событий

Для отбора электронных событий применяются следующие критерии отбора:

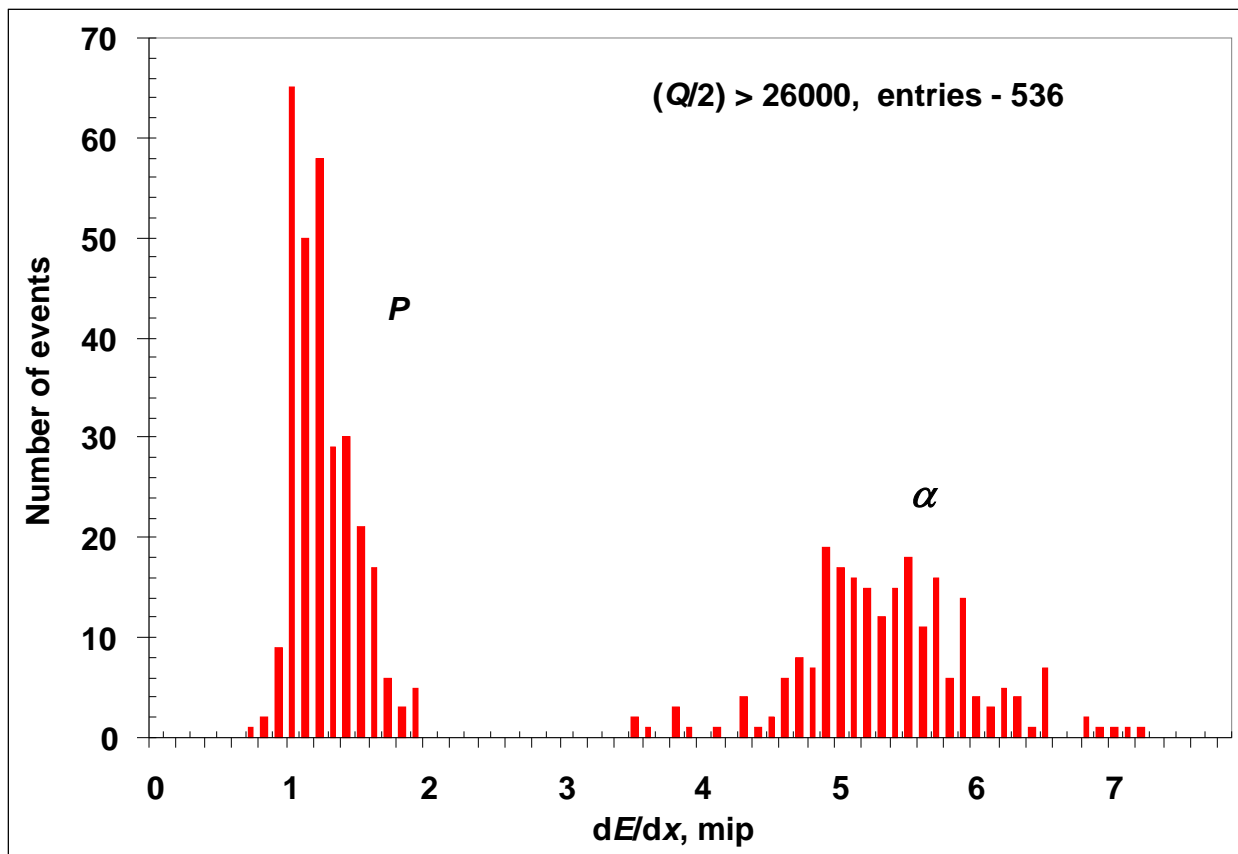
1. Частица проходит через трекер и дает лавину в калориметре. След частицы в трекаре должен соответствовать прохождению однозарядной частицы ($dE/dx \leq 2.5$ мипа).
2. Каскадная кривая должна начинаться в 1- 4 слоях калориметра ($\sim 3t$ единицы).
3. Каскадные кривые в калориметре от электронов в калориметре описываются выражением

$$N(x) = N_m \cdot \exp\{-2 \cdot (x - x_m)^2 / [d \cdot (x + k \cdot x_m)]\},$$

где $N(x)$ – число частиц на глубине x , N_m – число частиц в максимуме каскадной кривой, x_m – глубина максимума числа частиц каскадной кривой, d и k – положительные параметры, подбираемые методом наименьших квадратов.

1. Частица проходит через трекер и дает лавину в калориметре. След частицы в трекаре должен соответствовать прохождению однозарядной частицы ($dE/dx \leq 2.5$ мипа).

Сначала в трекаре выделяются однозарядные частицы с потерями энергии в одном слое трекара - (dE/dx) в интервале $0.8 < (dE/dx) < 2.5$ мипов. Данные представлены на рис.



Распределение средних потерь энергии заряженной частицей
 p – протоны, α - альфа -частицы.

2. Каскадная кривая должна начинаться в 1- 4 слоях калориметра (~3t единицы).

$$Q_{1-4} > 50 \text{ mip}$$

Из полного потока протонов N_p , падающих на калориметр, в первых 4-х слоях калориметра провзаимодействуют $N_p(\text{взаим.}) = N_p(1 - \exp(-20.36/185)) = 0.11 N_p$. Отсюда следует, что отношение $[N_e/(N_p + N_e)] \approx 0.01 - 0.001$ становится равным $[N_e/(0.1 N_p + N_e)] \approx 0.1 - 0.01$.

$$(N_p/N_e) = 0.11 * (100 - 1000)$$

3. Каскадные кривые в калориметре от электронов в калориметре описываются выражением

$$N(x) = N_m \cdot \exp\{-2 \cdot (x - x_m)^2 / [d \cdot (x + k \cdot x_m)]\},$$

где $N(x)$ – число частиц на глубине x , N_m – число частиц в максимуме каскадной кривой, x_m – глубина максимума числа частиц каскадной кривой, d и k – положительные параметры, подбираемые методом наименьших квадратов.

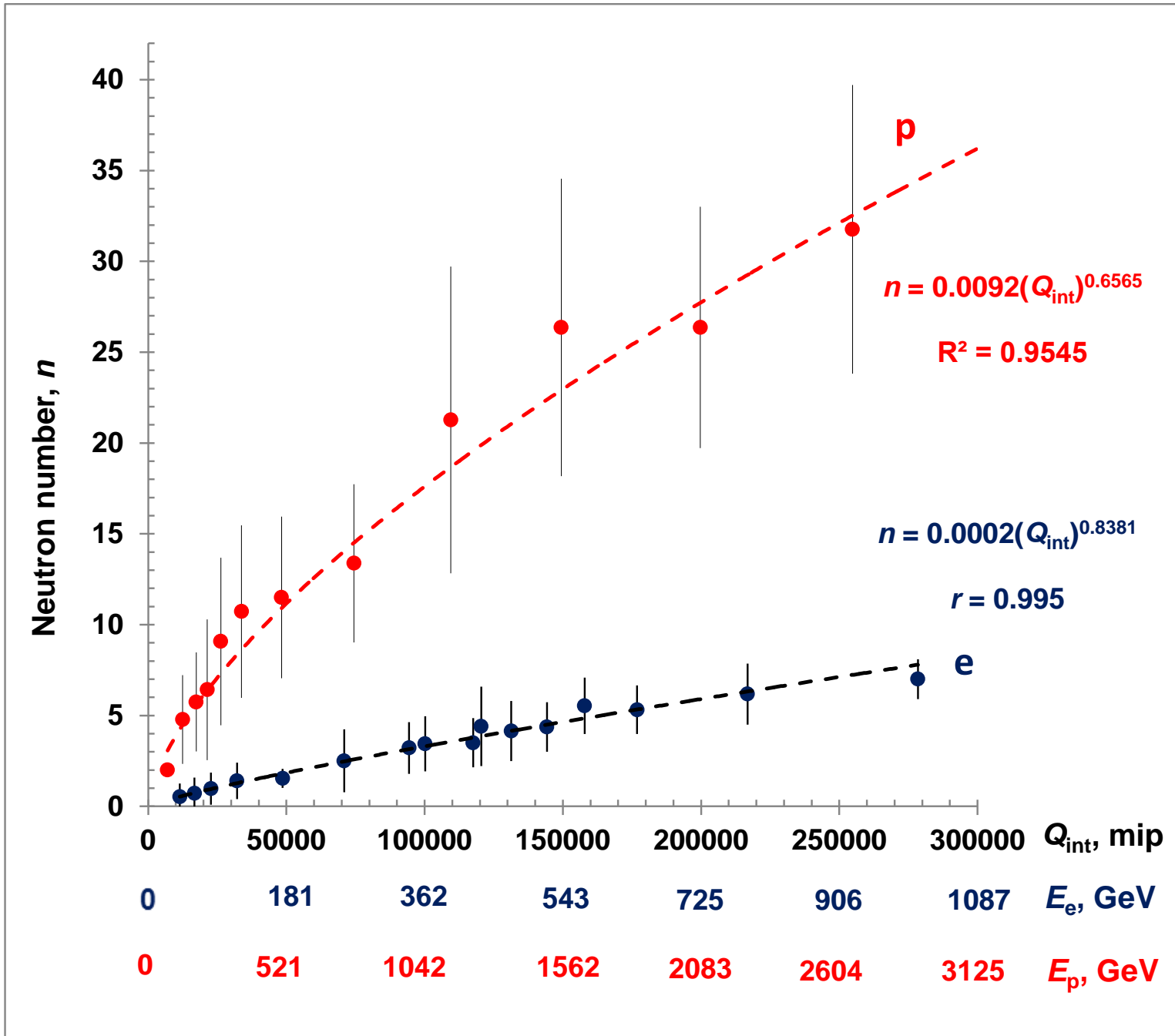
Для электронных событий вся энергия выделяется в электромагнитном каскаде. В случае протонных событий в калориметре выделяется в среднем 0.3 энергии протона. При одинаковой энергии, выделенной электроном и протоном в калориметре, их первичные энергии различаются в ~ 3 раза. Если энергия электрона равна E , то энергия протона будет равна $3E$. Пусть $N_p(E) = AE^{-2.75}$, тогда $N_p(3E) = A(3E)^{-2.75} = 0.049 N_p(E)$. Таким образом, при сравнении одинаковых энерговыделений в калориметре от электрона с энергией E и протона с энергией $3E$, поток протонов будет уменьшен в ~ 20 раз.

$$(N_p/N_e) = 0.049 \cdot 0.11 \cdot (100 - 1000) = 5.4 \cdot 10^{-3} \cdot (100 - 1000) = (0.54 - 5.4)$$

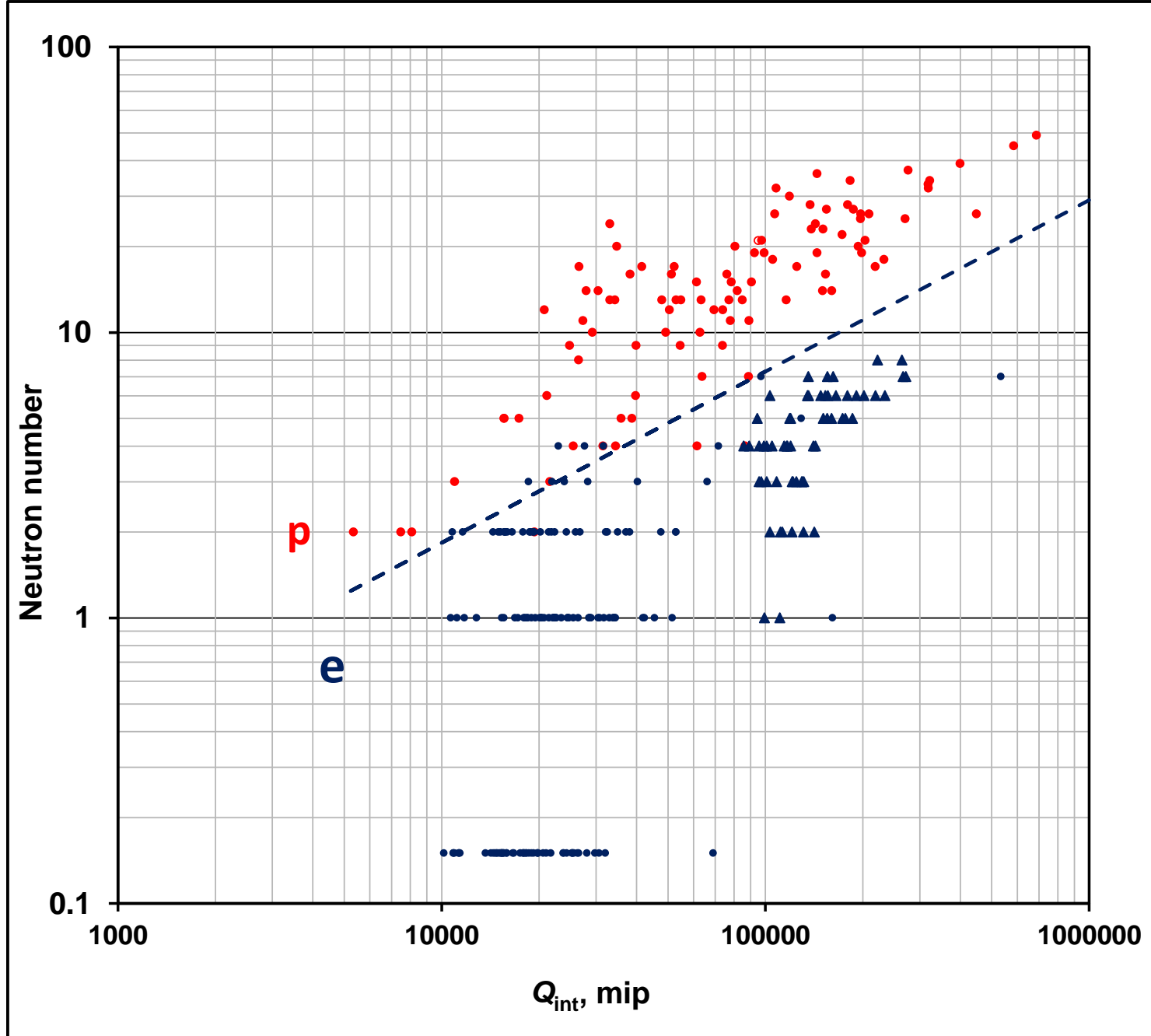
5. Нейтроны в спектрометре ПАМЕЛА образуются протонами и ядрами при их взаимодействии с ядрами вольфрама. Это так называемые испарительные нейтроны со средней энергией \sim несколько МэВ, которые испускаются возбужденным ядром мишени (вольфрама в спектрометре ПАМЕЛА). Учет числа нейтронов дает уменьшение потока протонов в $(10^2 - 10^3)$ раз.

В электромагнитных каскадах нейтроны образуются за счет фотоядерных реакций. Основной вклад в образование нейтронов в вольфраме вносят гамма-кванты с энергией $E_\gamma \approx (15 - 28)$ МэВ. Сечение гигантского дипольного резонанса (ГДР) можно представить в виде $\sigma_\gamma \approx \sigma(\gamma, p) + \sigma(\gamma, n) + \sigma(\gamma, 2n)$, причем в легких ядрах доминируют первые два сечения, а в тяжелых - второе и третье. Величина σ_γ составляет несколько десятков мб.

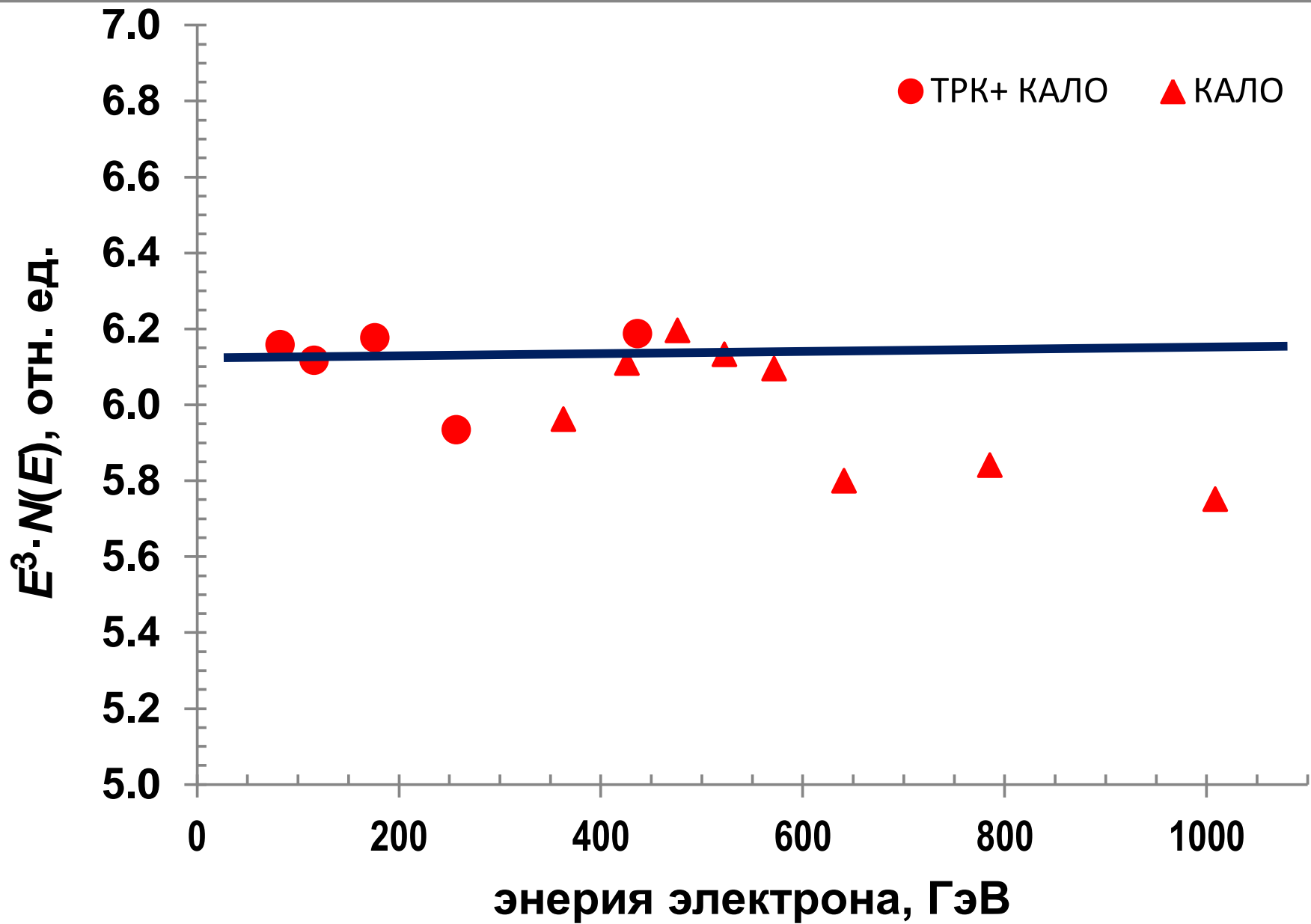
Сечение поглощения фотонов в тяжелых ядрах практически целиком совпадает с сечением фотонейтронной реакции. Спектр фотонейтронов в Рв-208 имеет максимум в области энергий $(1 - 3)$ МэВ (<http://www.hep.by/gnu/nuclphys/gdr/gdr5.htm>).



Neutron number vs energy of cascade released in CALO.



$n = 7.3 \cdot 10^{-3} \cdot (Q_{int})^{0.6}$ – line separating p and e



СПАСИБО