



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелпова



Объединенный
институт ядерных
исследований

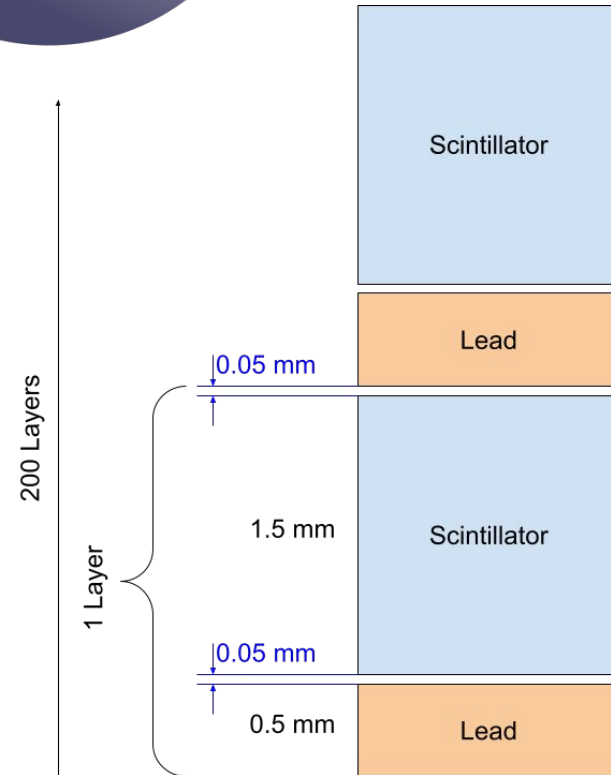
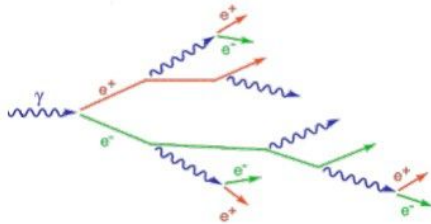
Improvement of the energy resolution of ECal module (SPD)

V. Baranov, O. P. Gavrishchuk, E. Ginya, N. Huseynov, Yu. A. Kulchitsky,
[I. Zimin](#)



The size of the module is $400 \times 400 \times 420 \text{ mm}^3$. Structure is shown in the Picture. The electrons/gamma beam enters in the center of front edge. The range of its energy is from 50 MeV to 8 GeV.

The purpose is to research how light attenuation (L) length of the fiber influence to calorimeter energy resolution and to check method is suggested by Oleg Gavrishchuk for improvement of calorimeter energy resolution.



Attenuation of the signal

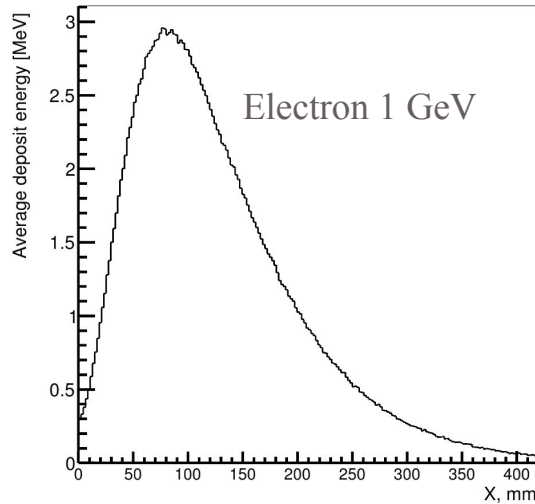


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

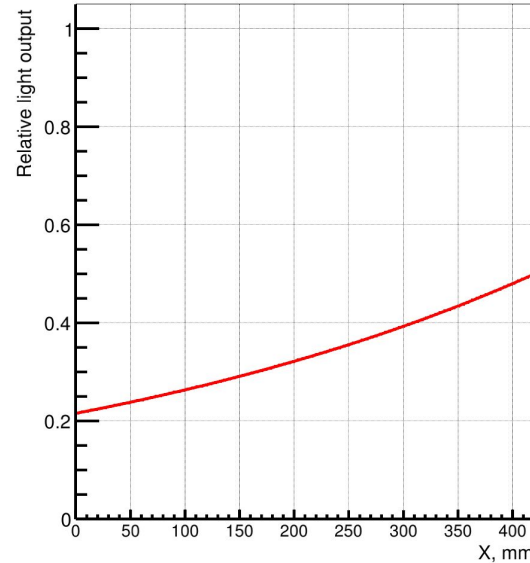


Объединенный
институт ядерных
исследований

Longitudinal energy distribution.
Beam energy 1 GeV. The light
attenuation (L) length = infinity



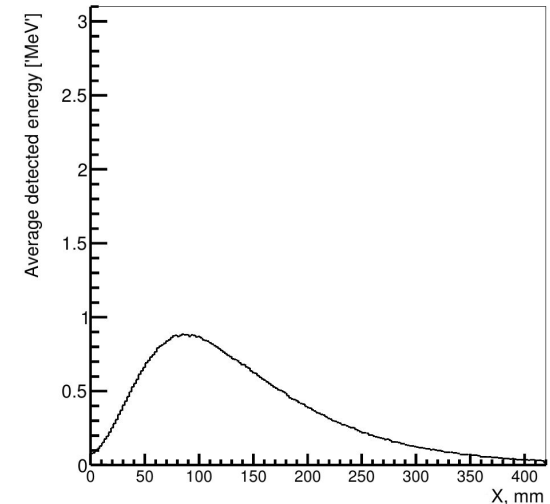
The light attenuation (L)
length = 500 mm (no mirror)



×

=

Longitudinal energy distribution.
Beam energy 1 GeV. The light
attenuation (L) length = 500 mm



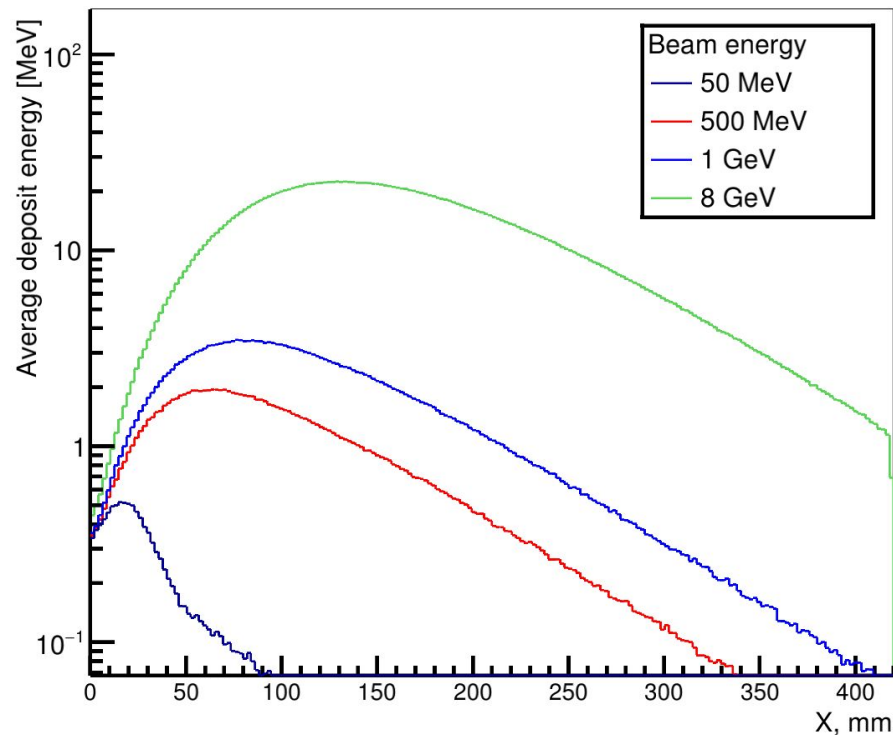
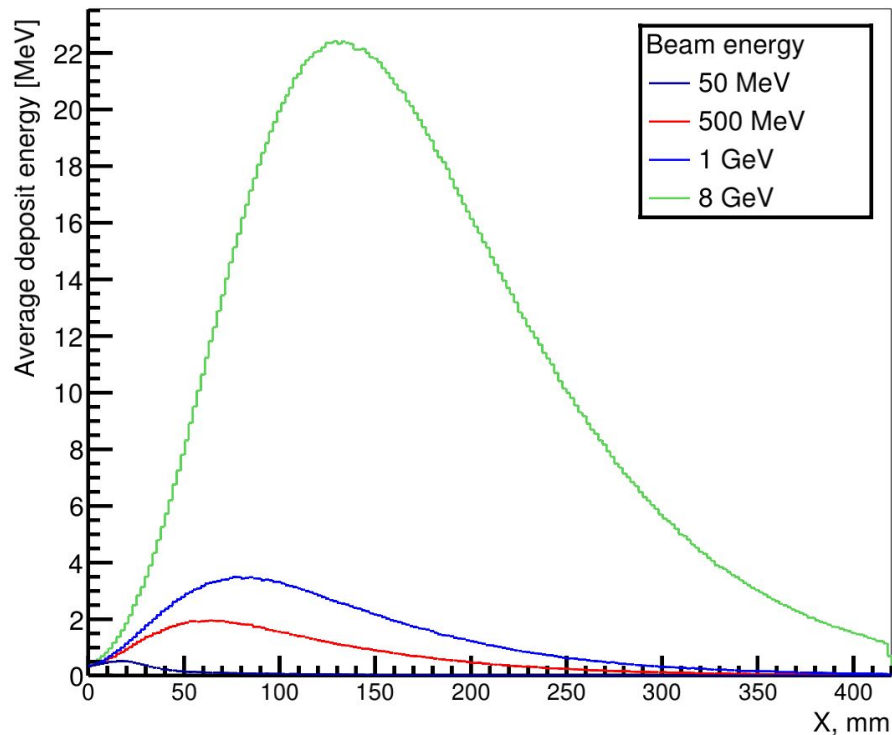
Longitudinal energy distributions for electrons



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова



Объединенный
институт ядерных
исследований



Longitudinal energy distributions for different attenuation lengths



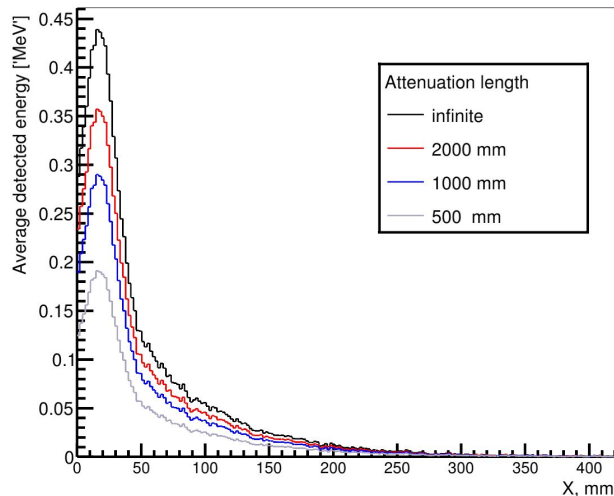
Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельпова



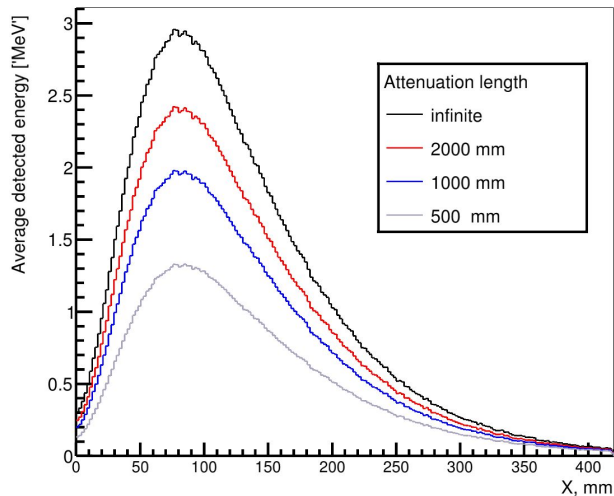
Объединенный
институт ядерных
исследований

Electron

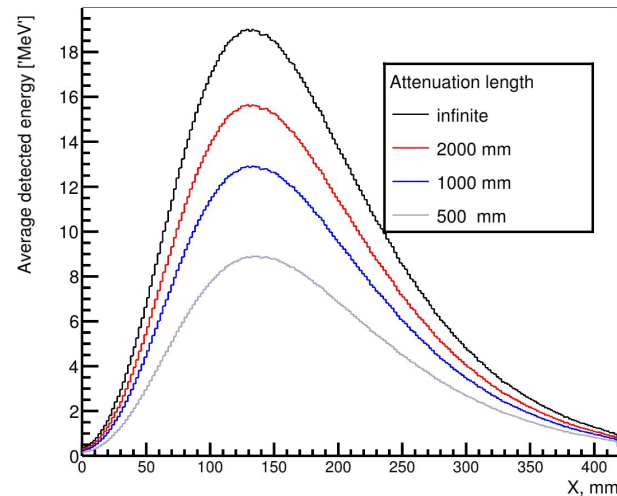
e_50_MeV_10_keVt_400x400mm



e_1_GeV_10_keVt_400x400mm



e_8_GeV_10_keVt_400x400mm



Longitudinal energy distributions, electrons vs gamma

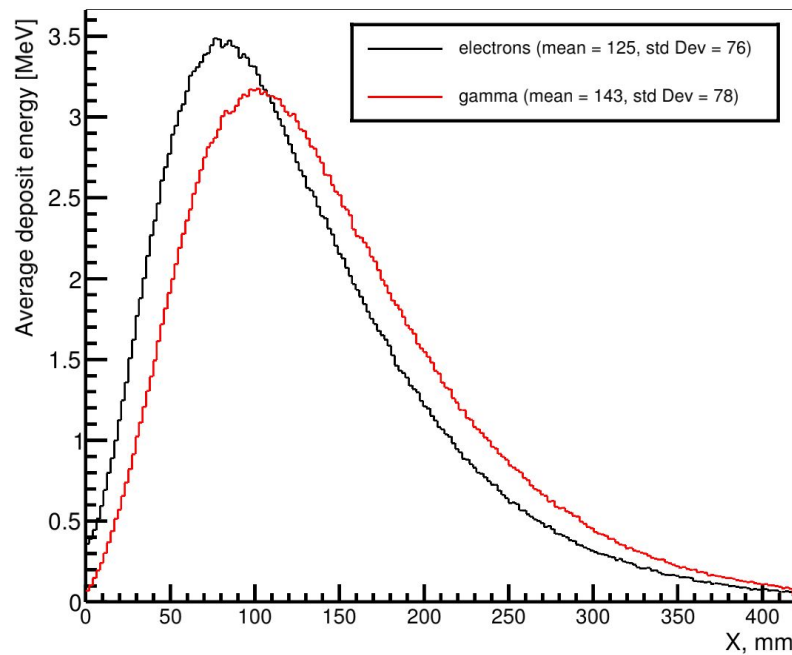


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелепова



Объединенный
институт ядерных
исследований

Beam energy 1 GeV



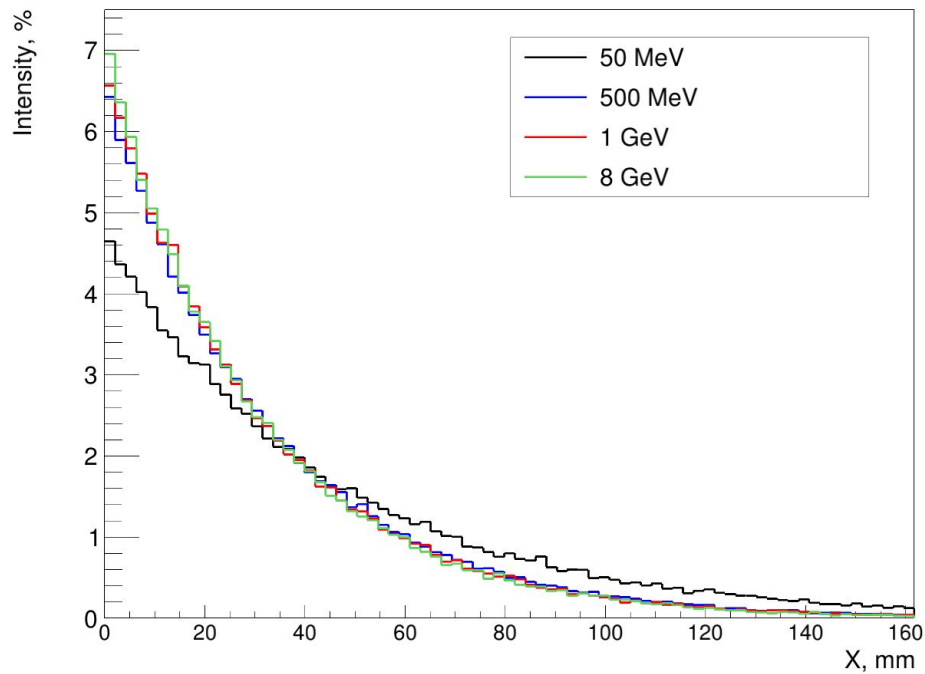
The first point of interaction gamma with ECal module



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелелова



Объединенный
институт ядерных
исследований



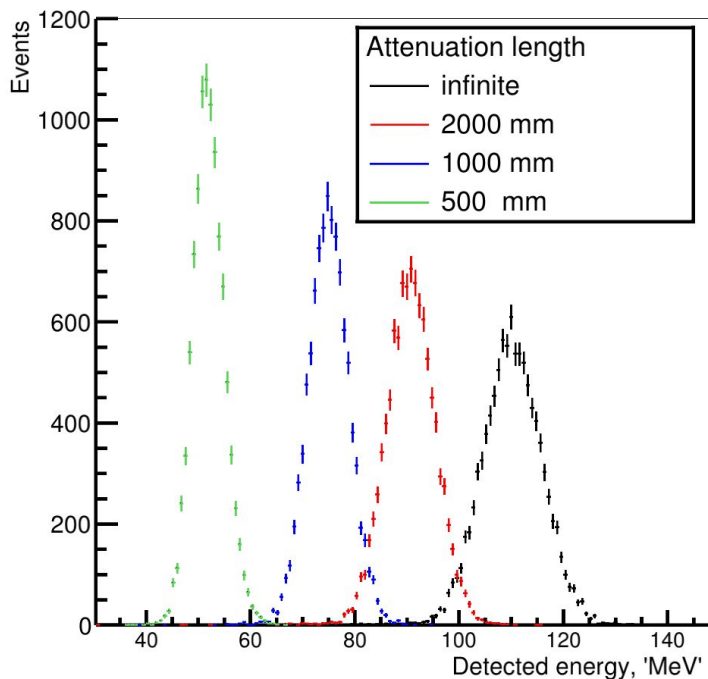
Energy distributions. Gamma, 500 MeV



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова



Объединенный
институт ядерных
исследований



	Infinite	2000 mm	1000 mm	500 mm
meam	110,16	90,76	74,98	51,87
Δ mean	0,06	0,05	0,04	0,04
sigma	5,64	4,66	3,87	2,95
Δ sigma	0,06	0,04	0,03	0,04
chi2/ndf	13,1/22	15,2/19	23,3/17	24,7/19
Resolution	5,12	5,13	5,16	5,69
Δ Resolution	0,05	0,04	0,04	0,08
Asymmetry	-3,16	-2,86	-2,80	-1,97



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелпова



Объединенный
институт ядерных
исследований

Experimental data

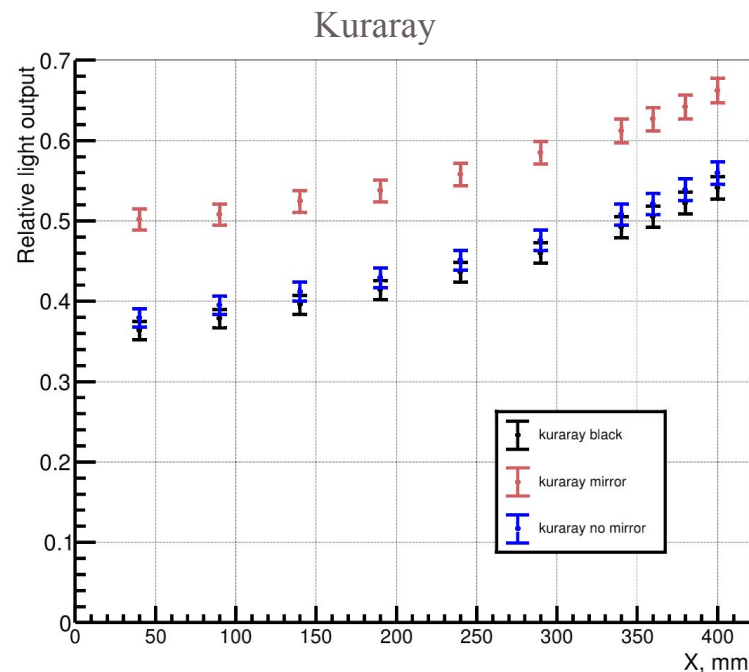
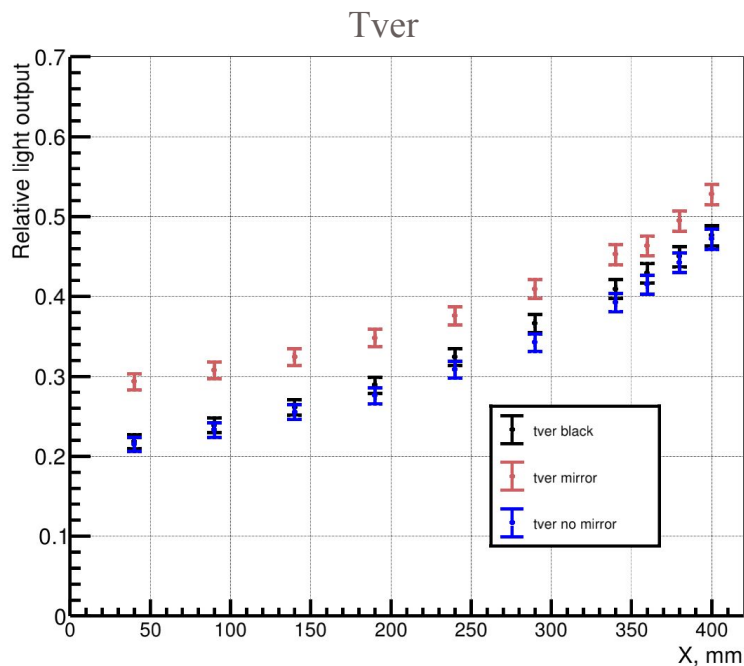
Attenuation of the signal, experimental data



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова



Объединенный
институт ядерных
исследований

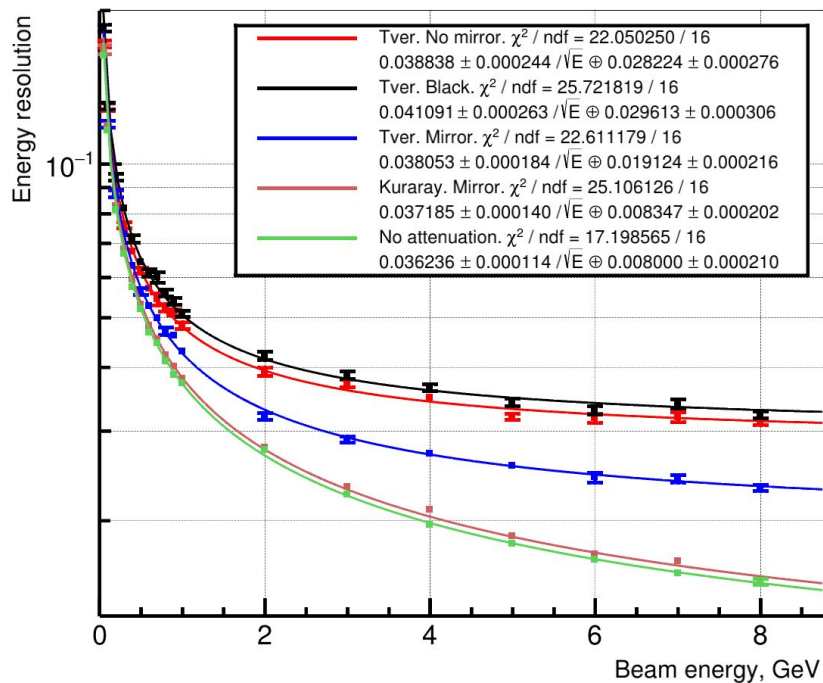


The measurements of the light attenuation (L) length of the fibers by Vladimir Baranov and Eduard Ginya

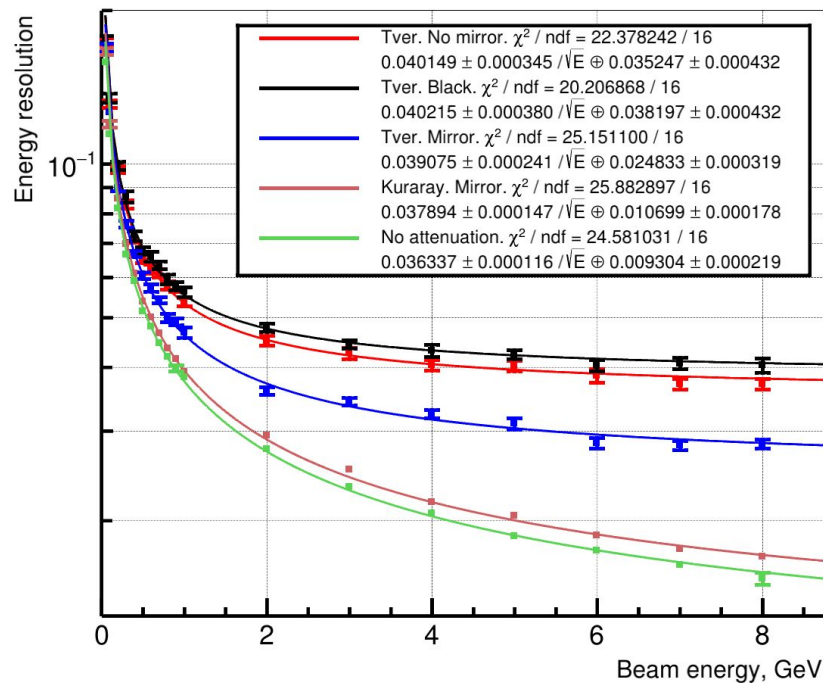
Resolution. Simulation based on the experimental data



Electron



Gamma



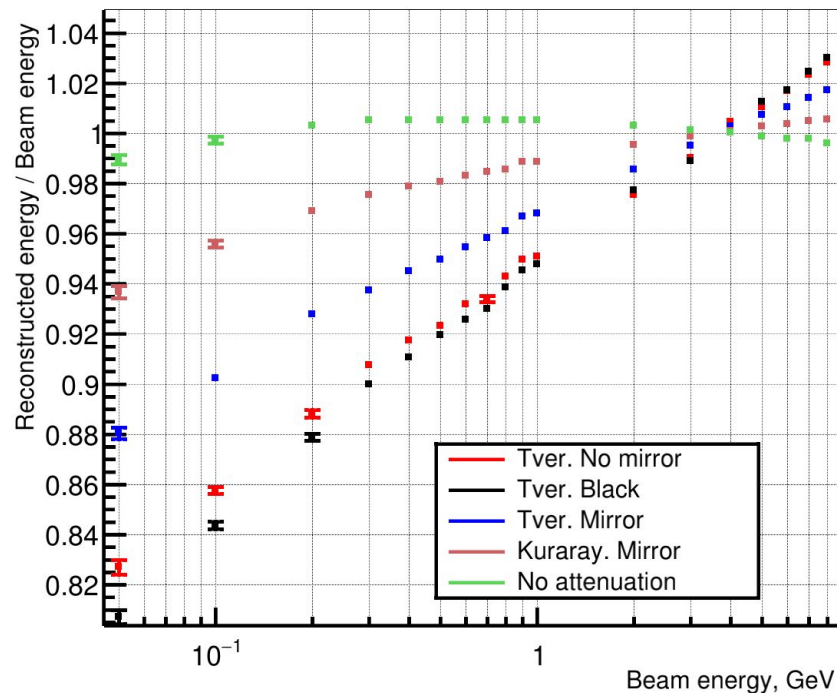
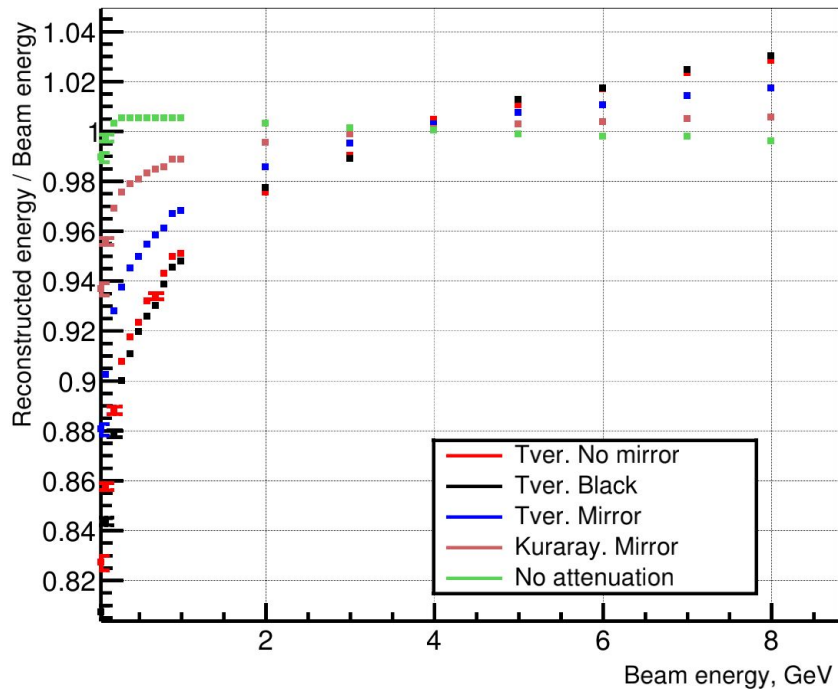
Linearity. Simulation based on the experimental data. Electron



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельцова



Объединенный
институт ядерных
исследований



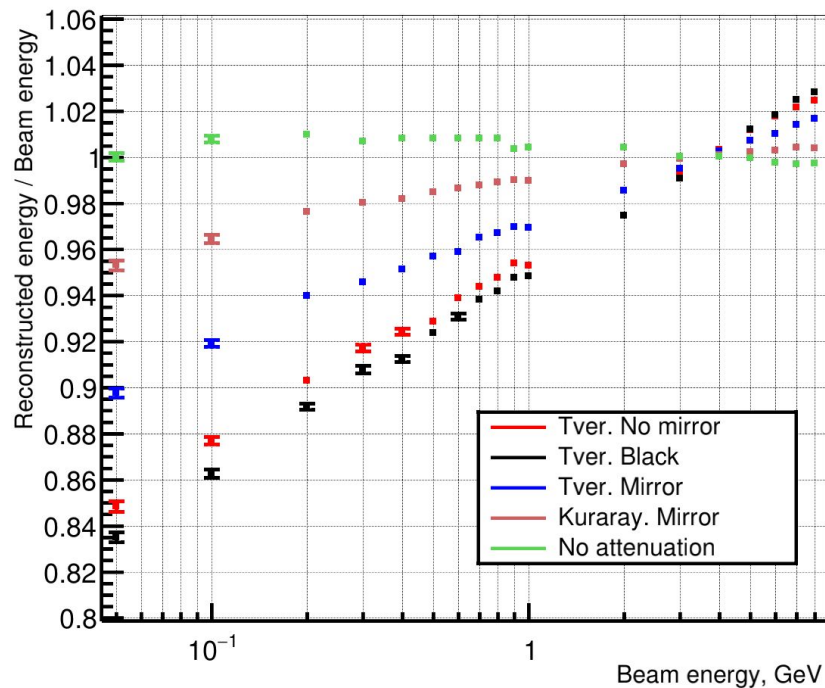
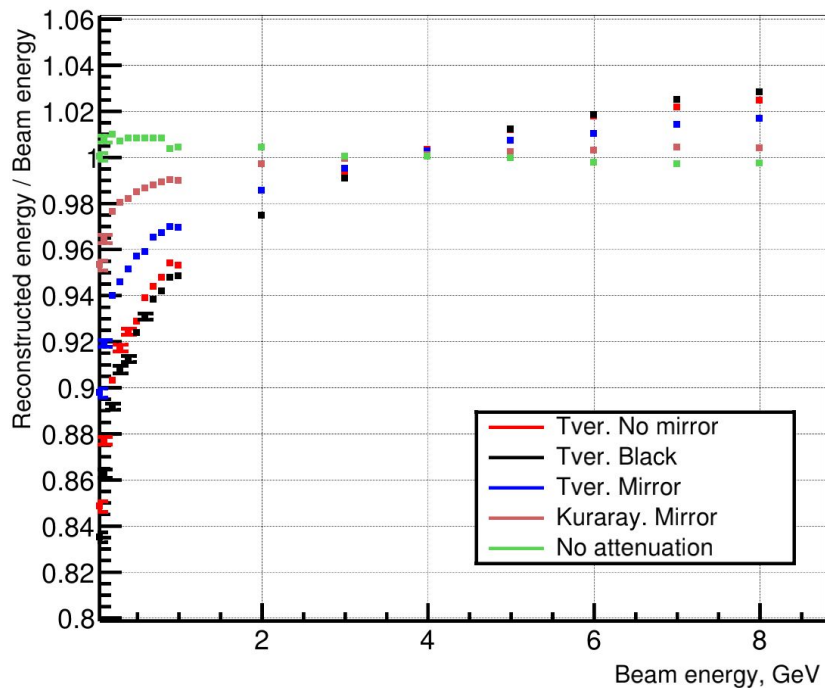
Linearity. Simulation based on the experimental data. Gamma



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельцова



Объединенный
институт ядерных
исследований





Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелєпова



Объединенный
институт ядерных
исследований

Correction

Correction of the attenuation of the signal

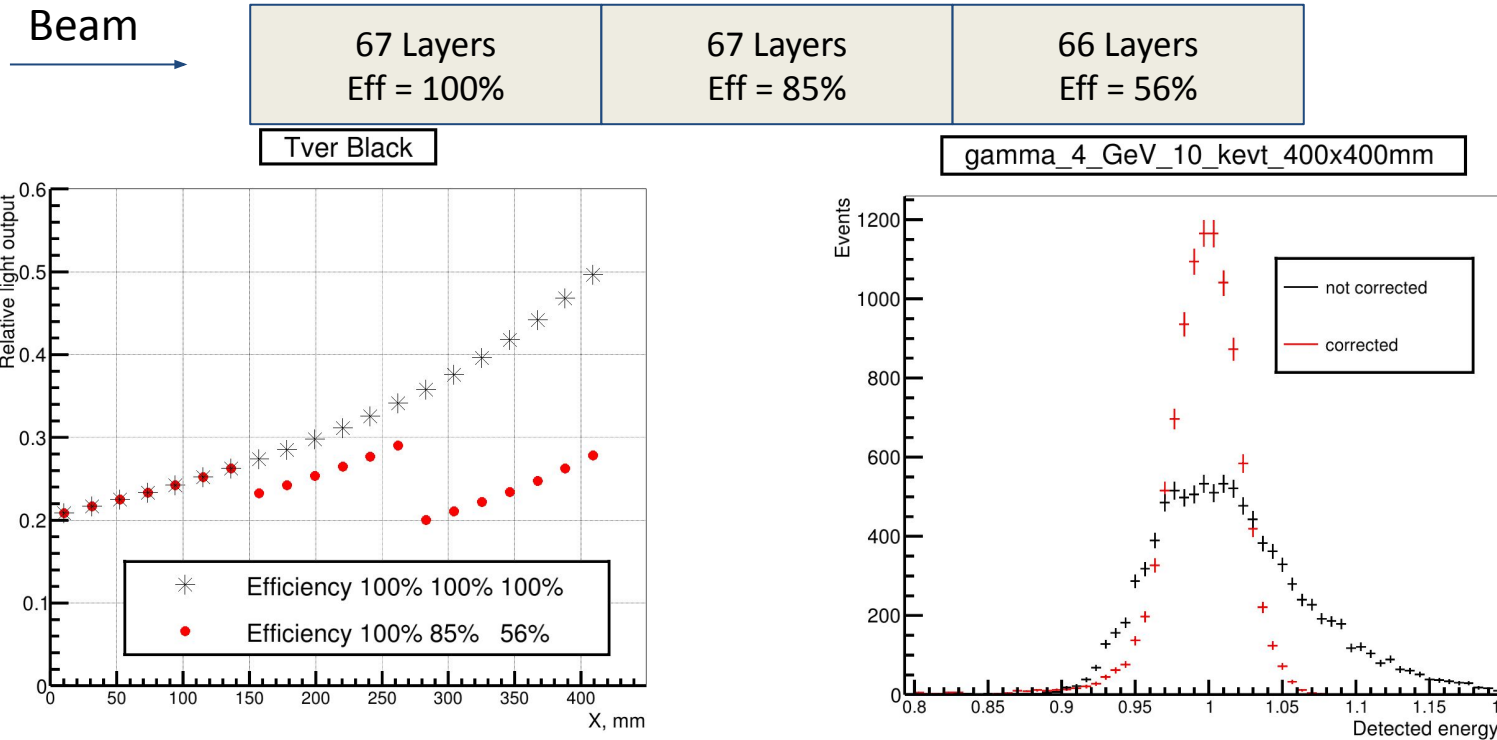


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельцова



Объединенный
институт ядерных
исследований

Beam



Correction of the attenuation of the signal

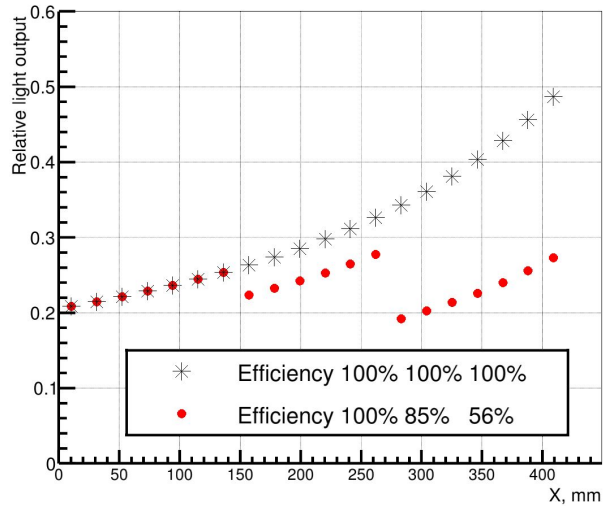


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

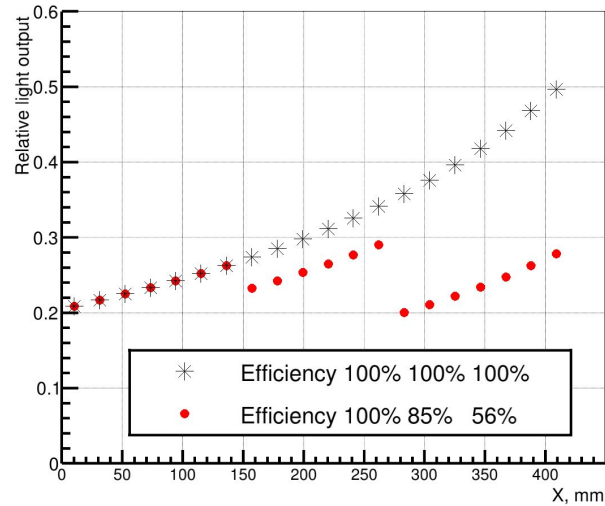


Объединенный
институт ядерных
исследований

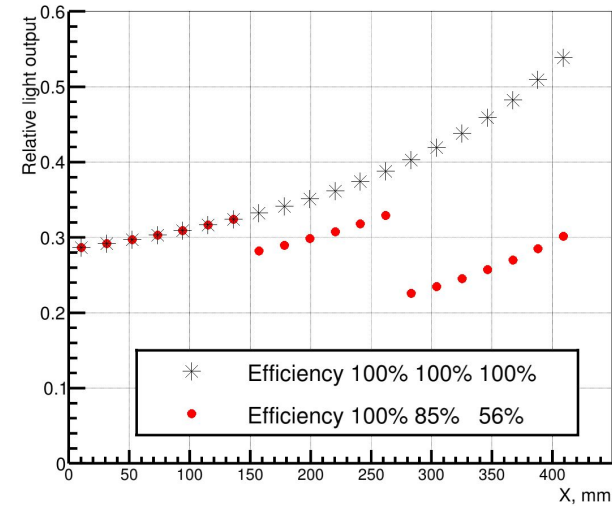
Tver No Mirror



Tver Black



Tver Mirror



Resolution. Correction. Electron

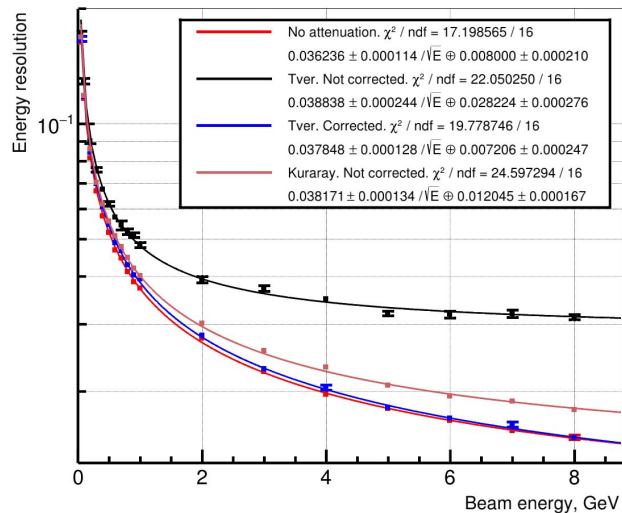


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельева

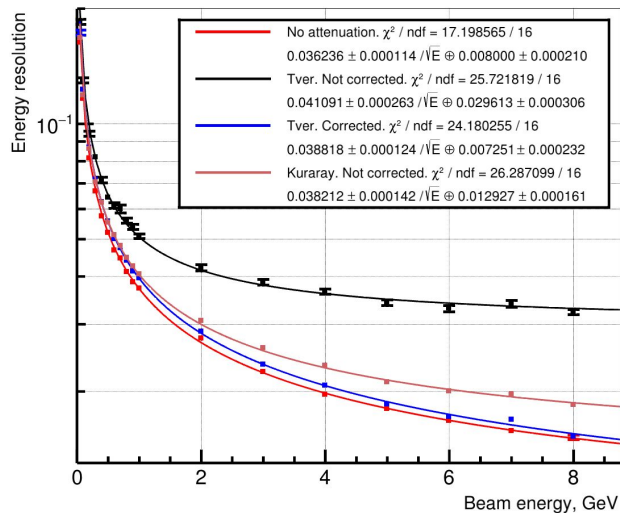


Объединенный
институт ядерных
исследований

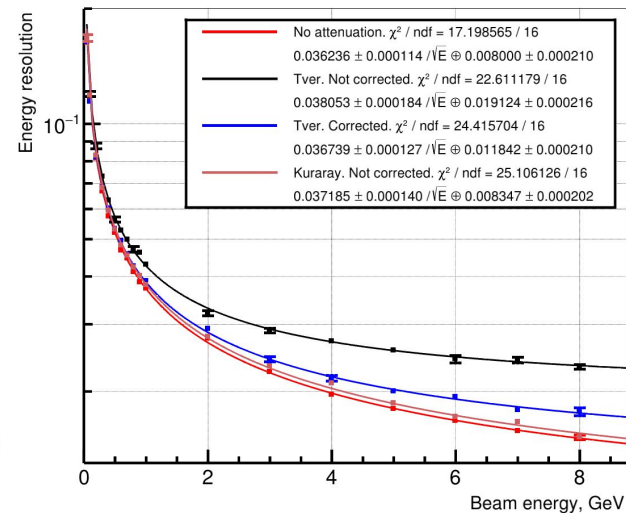
No mirror



Black



Mirror



Resolution. Correction. Gamma

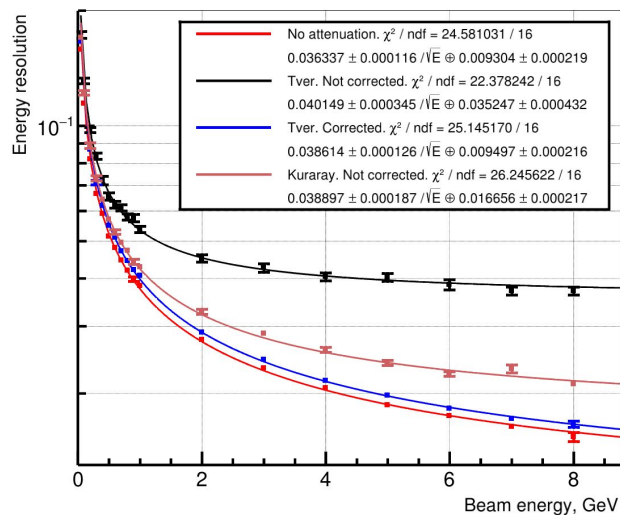


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельцова

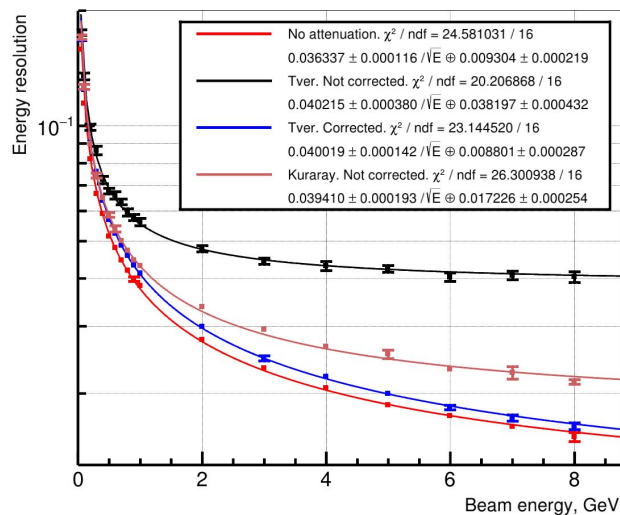


Объединенный
институт ядерных
исследований

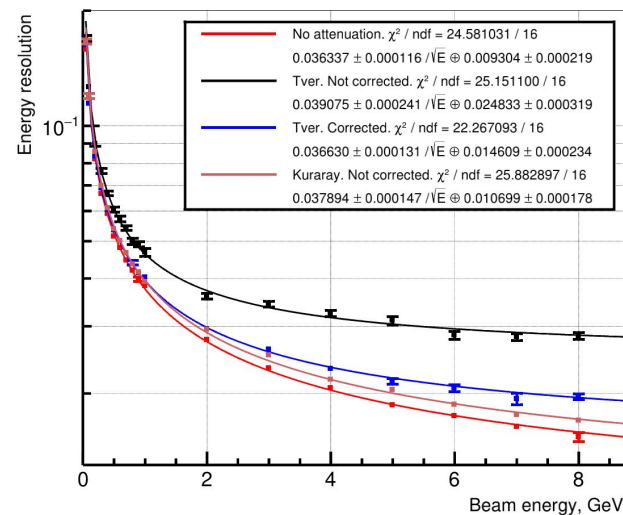
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Electron

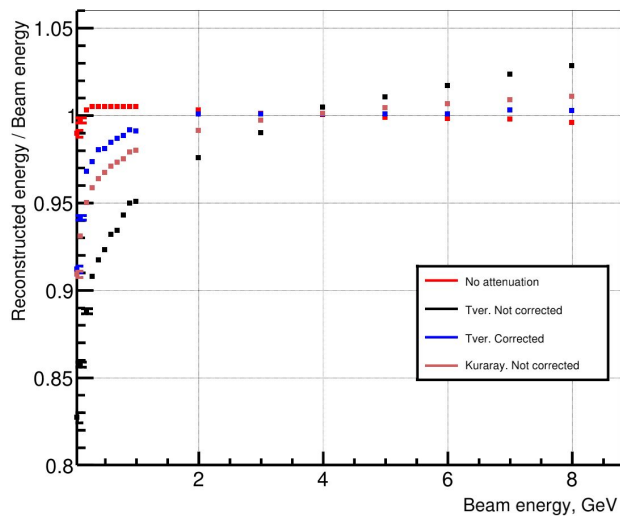


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

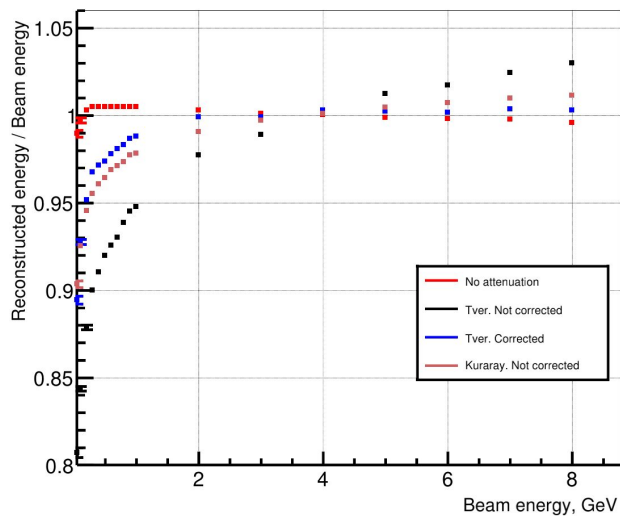


Объединенный
институт ядерных
исследований

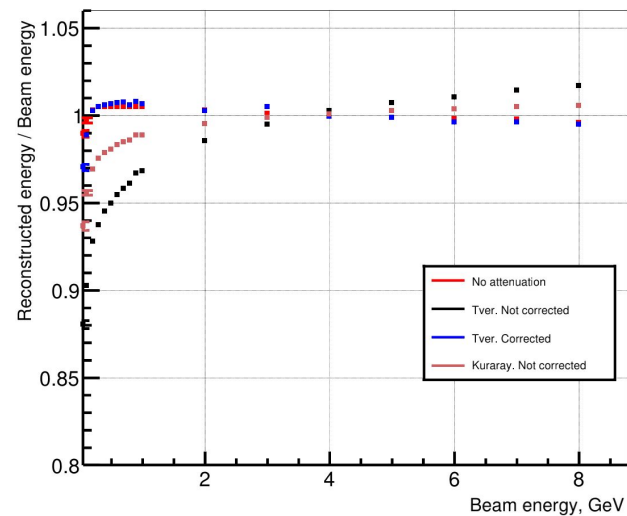
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Electron. Log

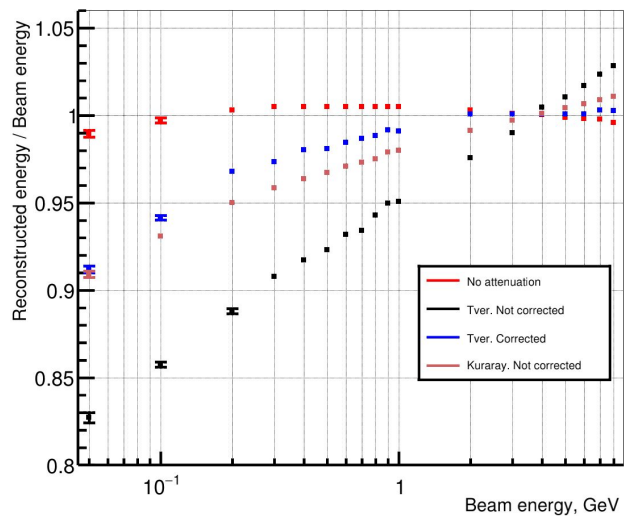


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

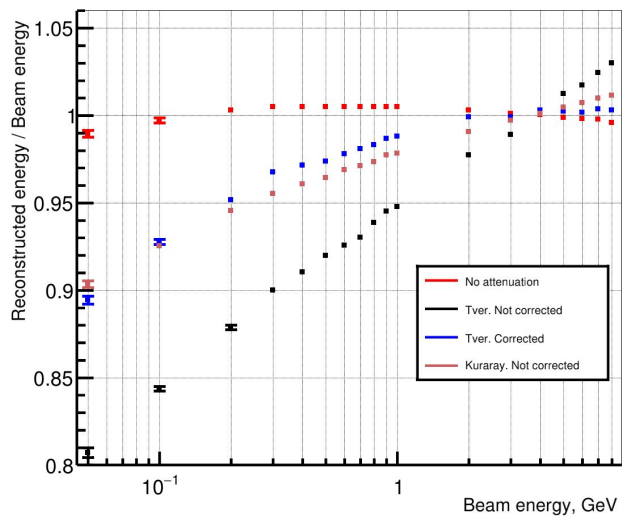


Объединенный
институт ядерных
исследований

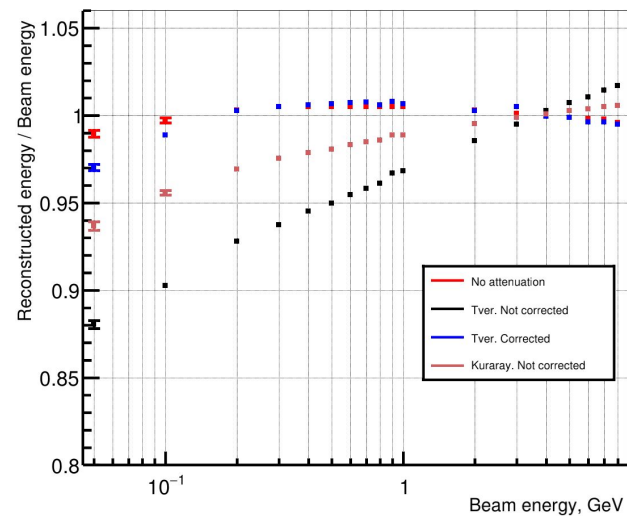
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Gamma

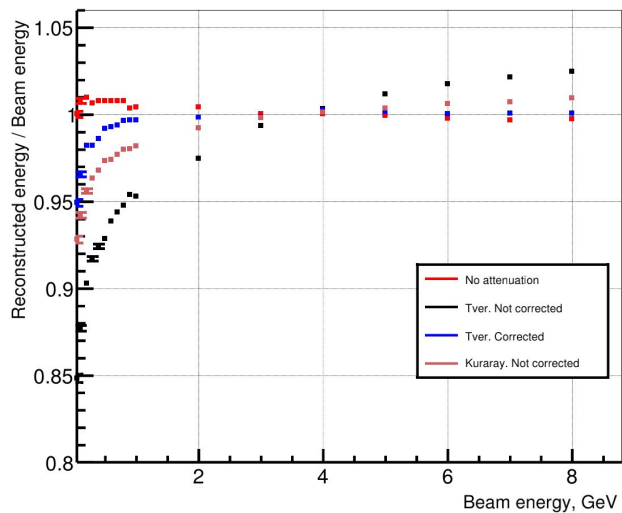


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельцова

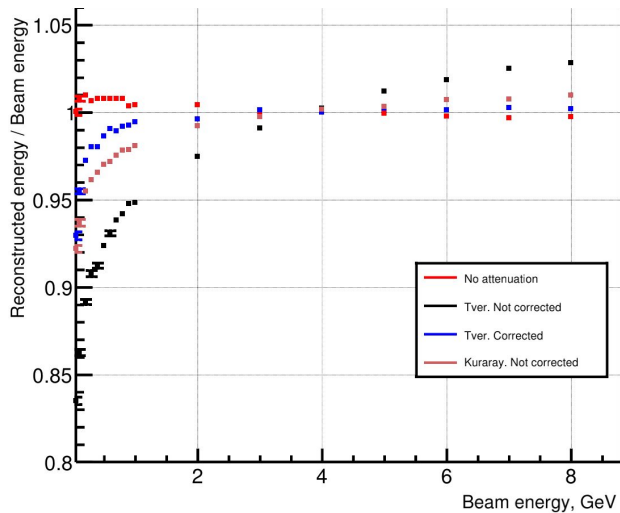


Объединенный
институт ядерных
исследований

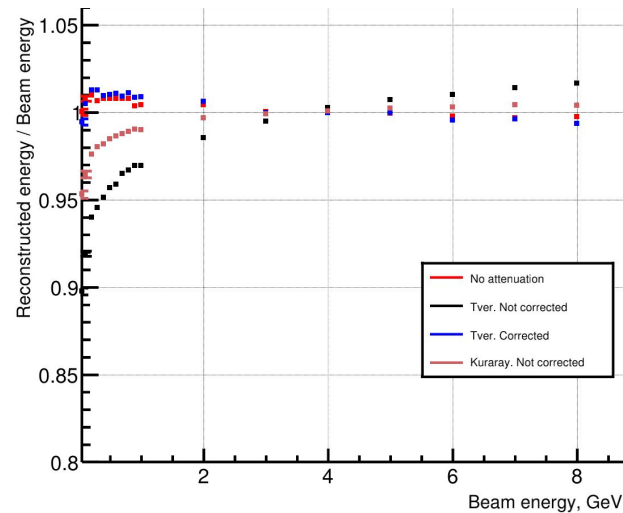
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Gamma. Log

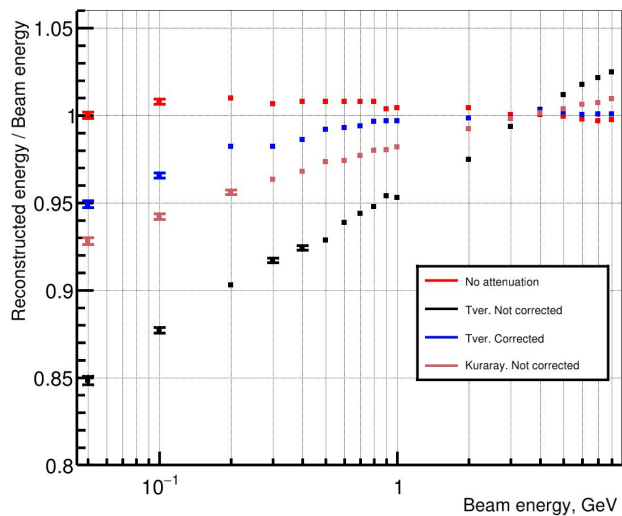


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

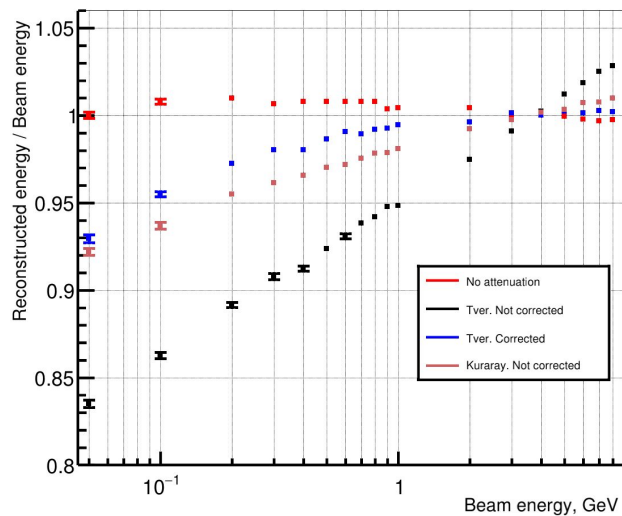


Объединенный
институт ядерных
исследований

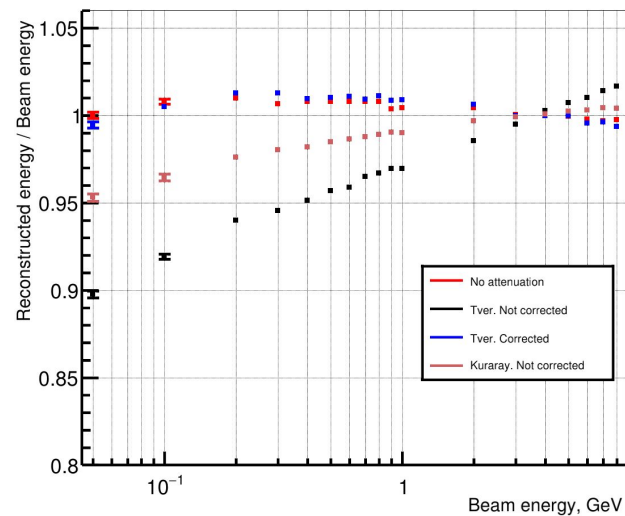
No mirror



Black



Mirror



Resolution. Correction. Electron vs gamma

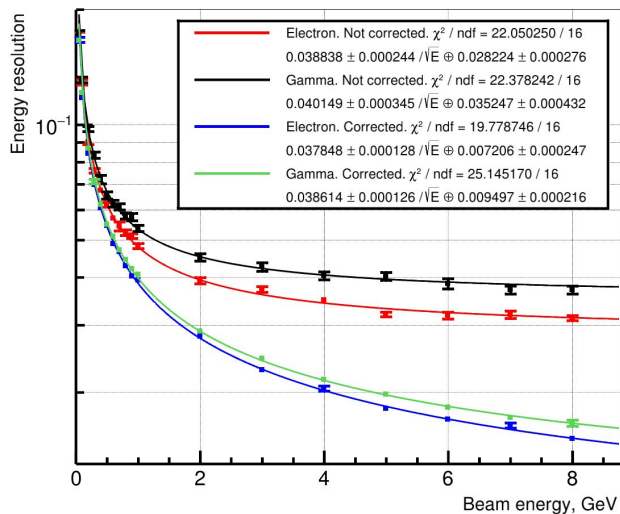


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

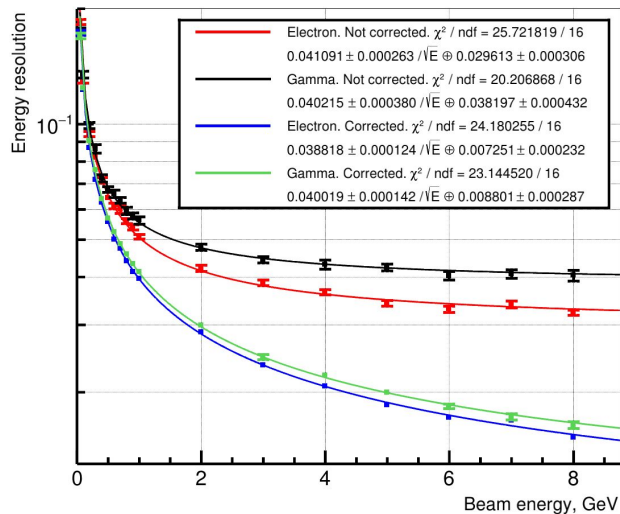


Объединенный
институт ядерных
исследований

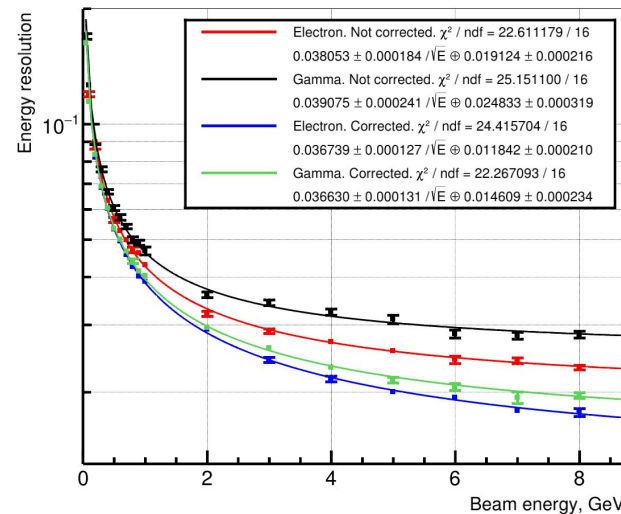
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Electron vs gamma.

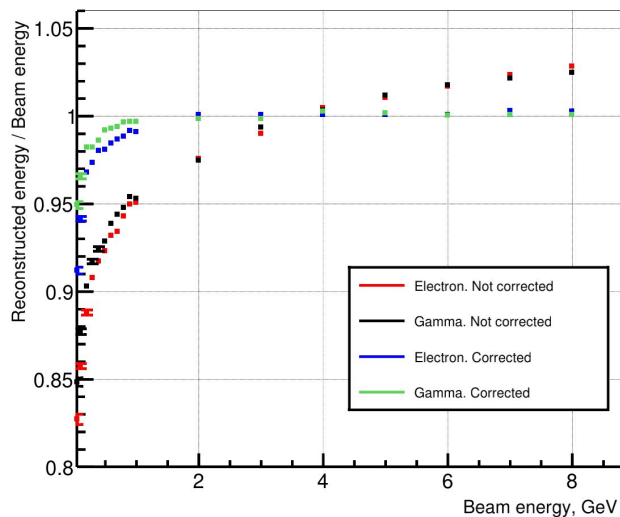


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

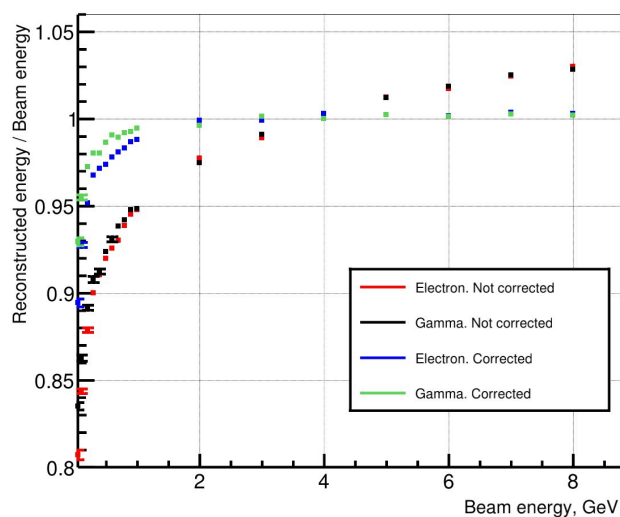


Объединенный
институт ядерных
исследований

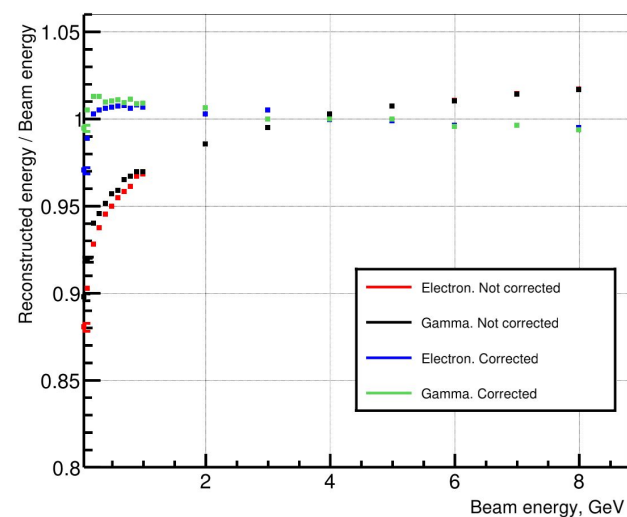
No mirror



Black



Mirror



Linearity. Correction. Electron vs gamma. Log

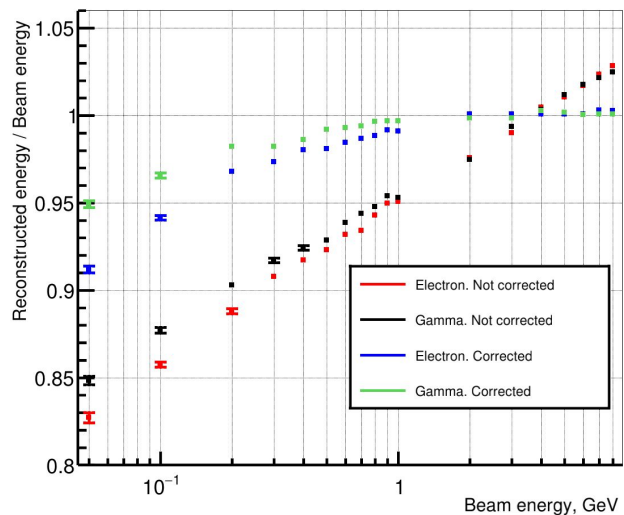


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

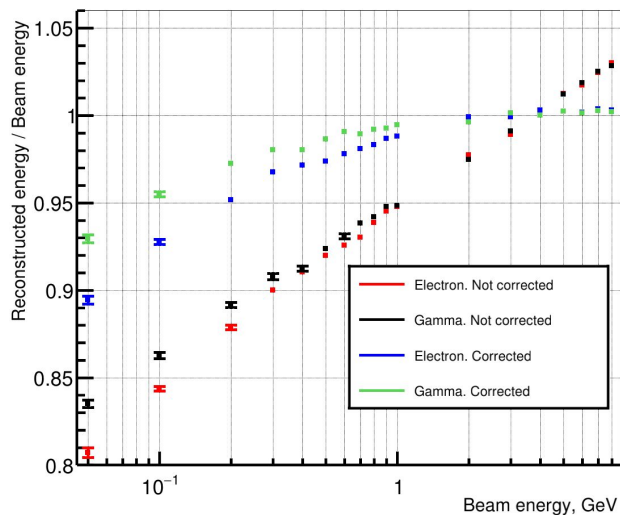


Объединенный
институт ядерных
исследований

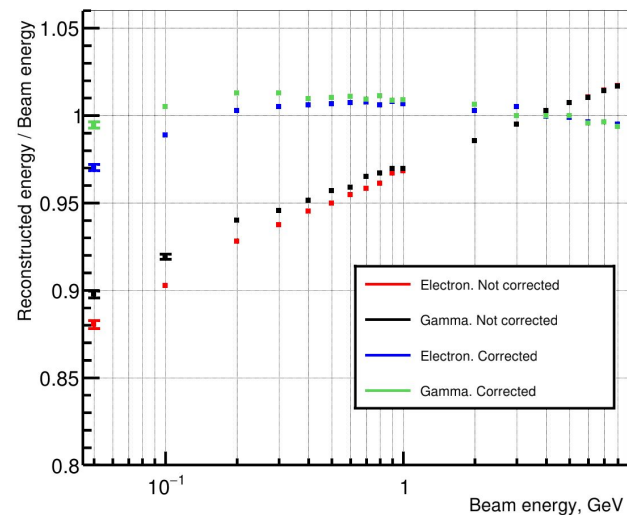
No mirror



Black



Mirror



Correction of the attenuation of the signal

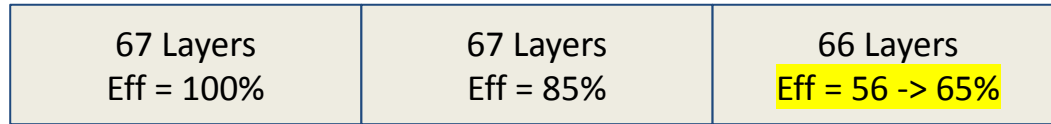


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

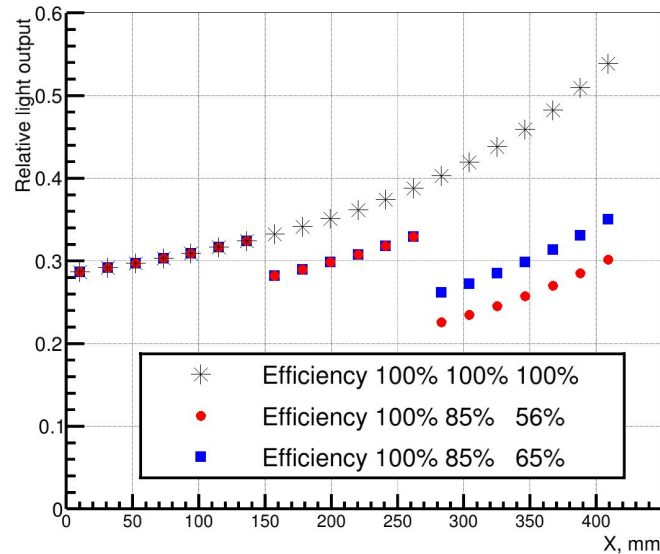


Объединенный
институт ядерных
исследований

Beam



Tver Mirror



Resolution. Correction. Mirror.

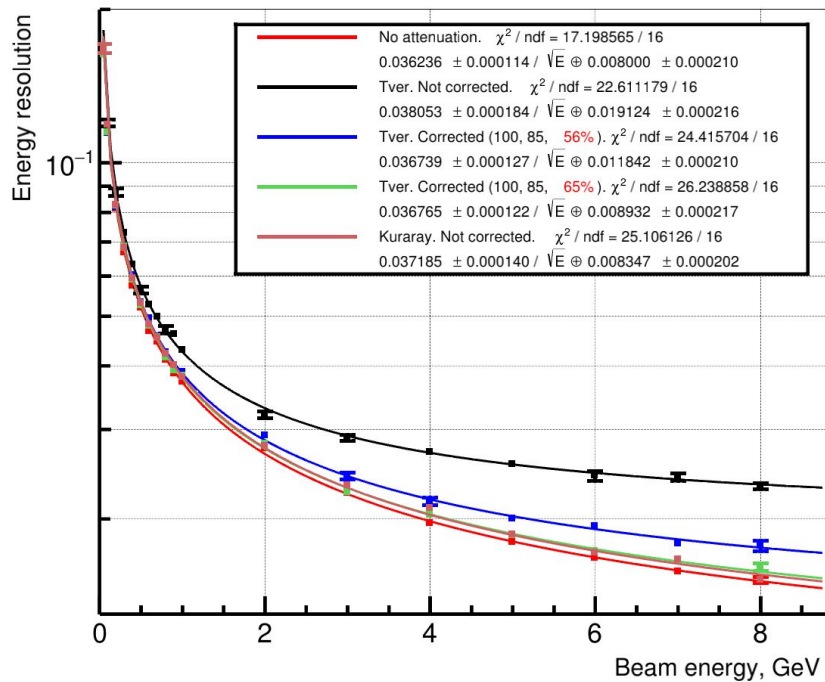


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джемелова

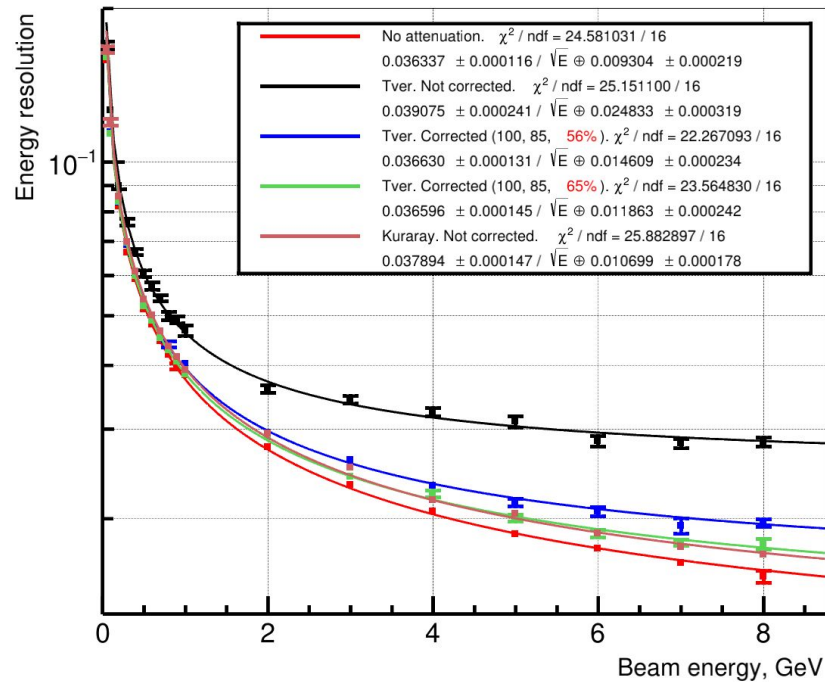


Объединенный
институт ядерных
исследований

Electron



Gamma



Linearity. Correction. Mirror.

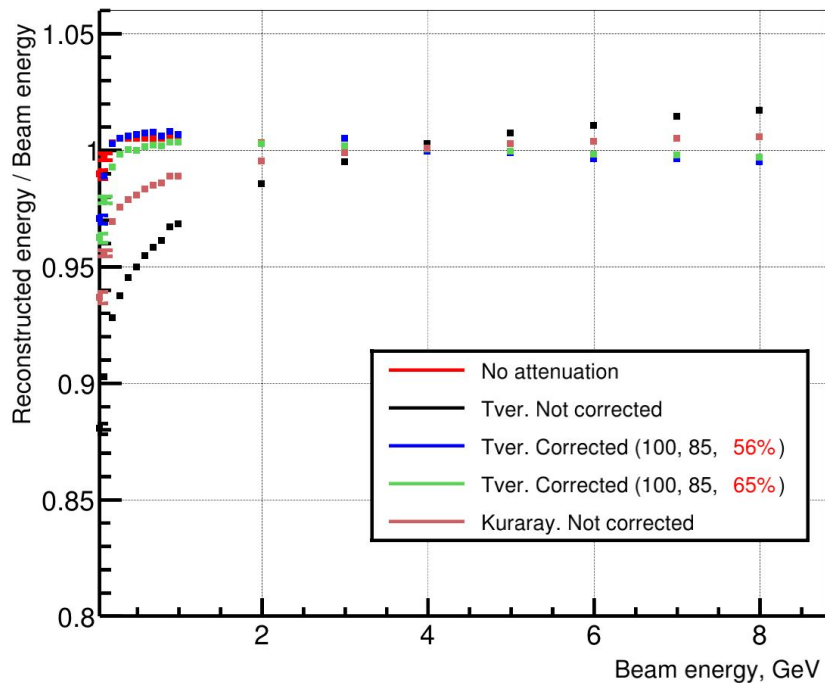


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

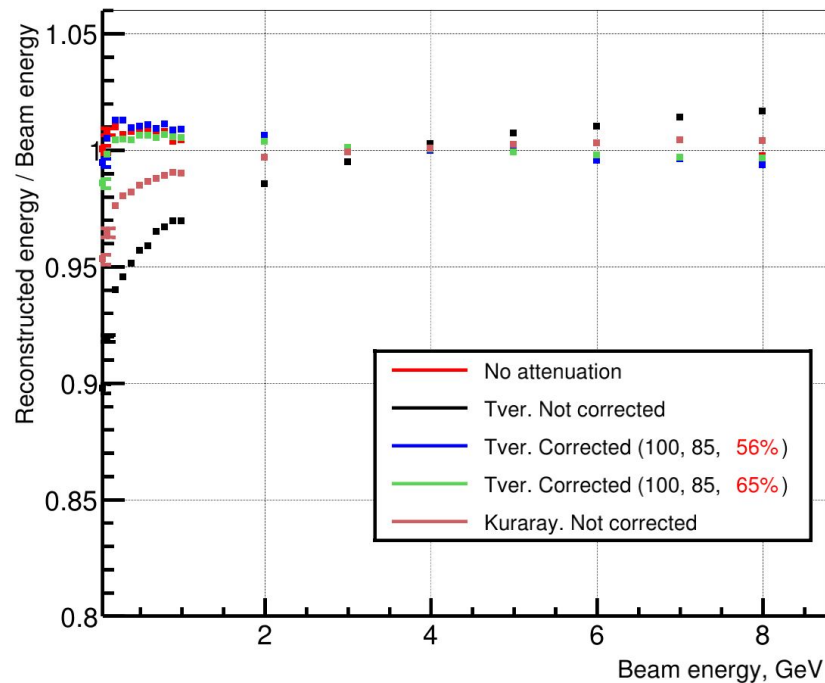


Объединенный
институт ядерных
исследований

Electron



Gamma



Linearity. Correction. Mirror. Log.

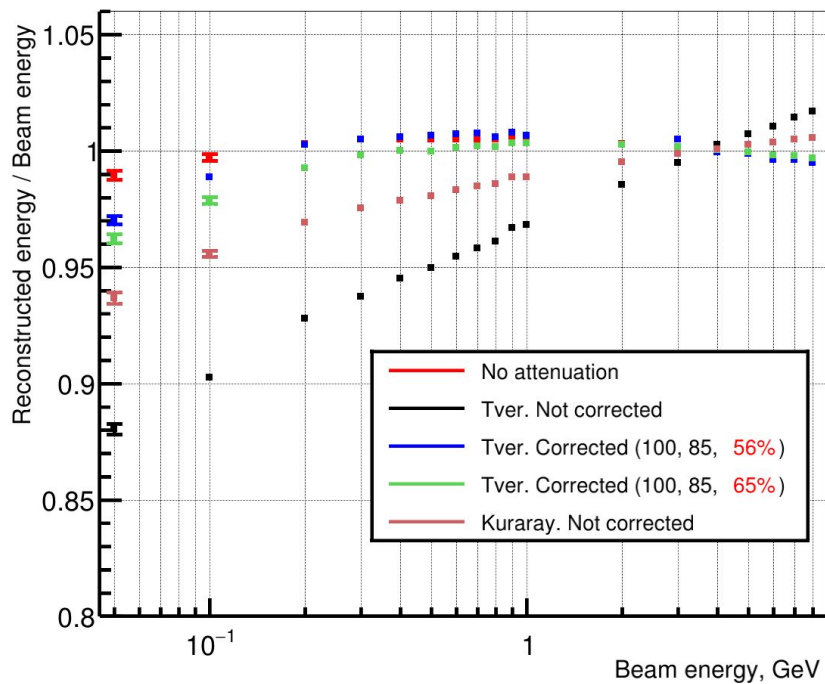


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

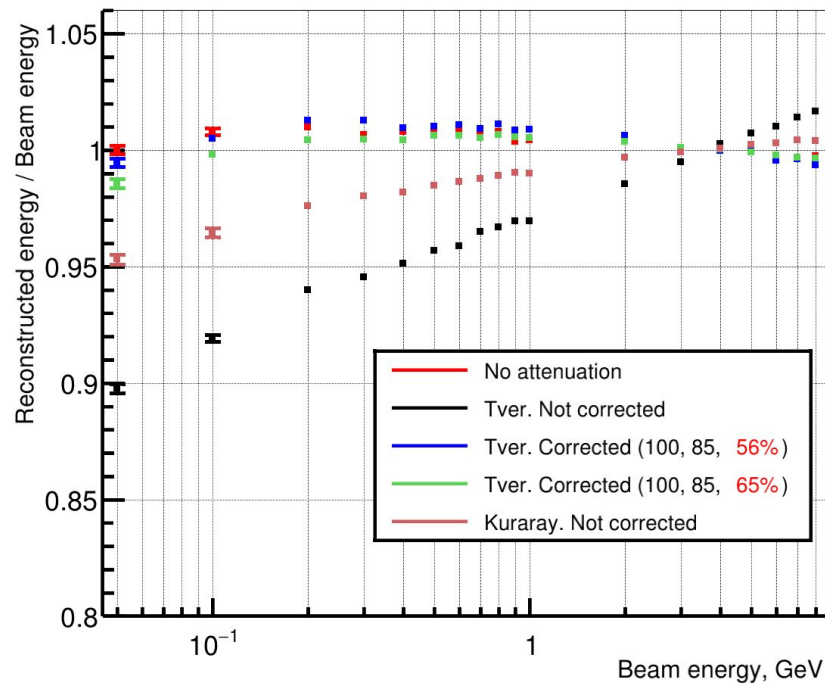


Объединенный
институт ядерных
исследований

Electron

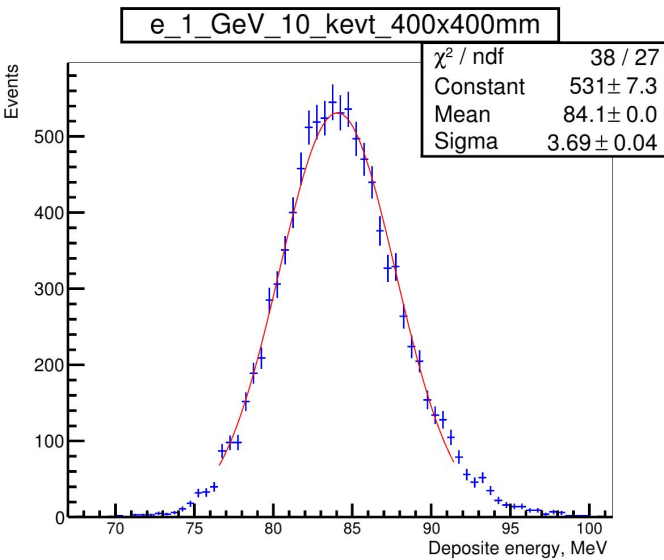


Gamma

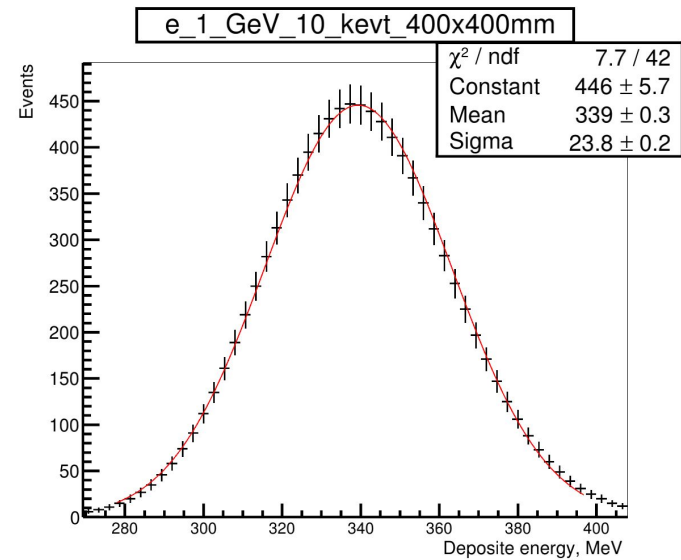
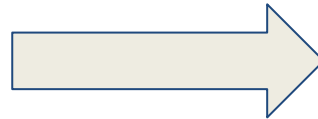




Scintillation



Convolution this distribution and
normal distribution
(1 GeV = 4000 phe)



Resolution. Correction. Electron + scintillation

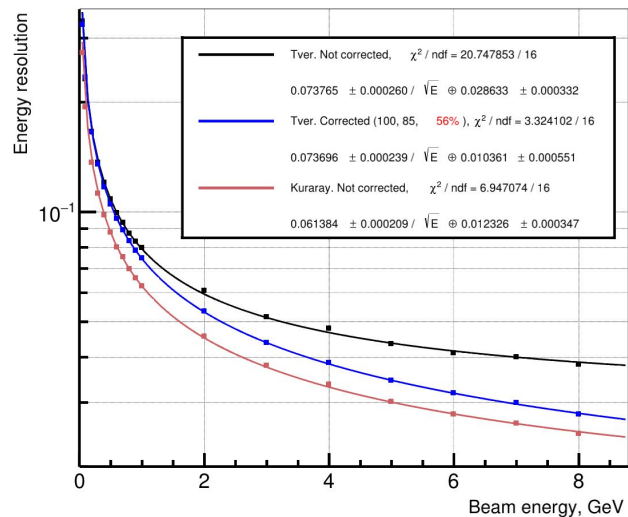


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзелепова

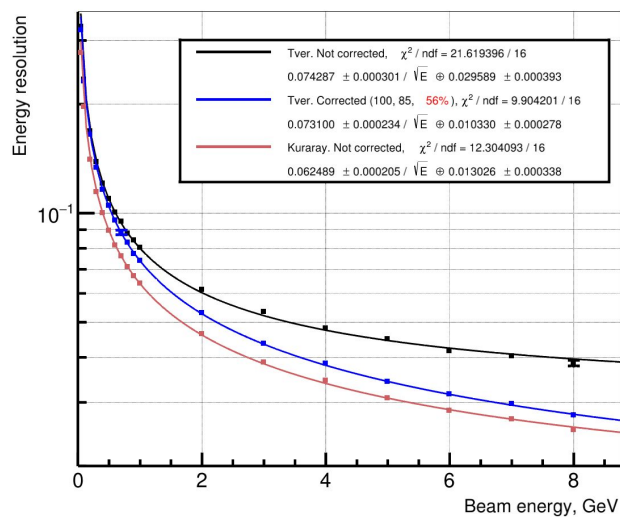


Объединенный
институт ядерных
исследований

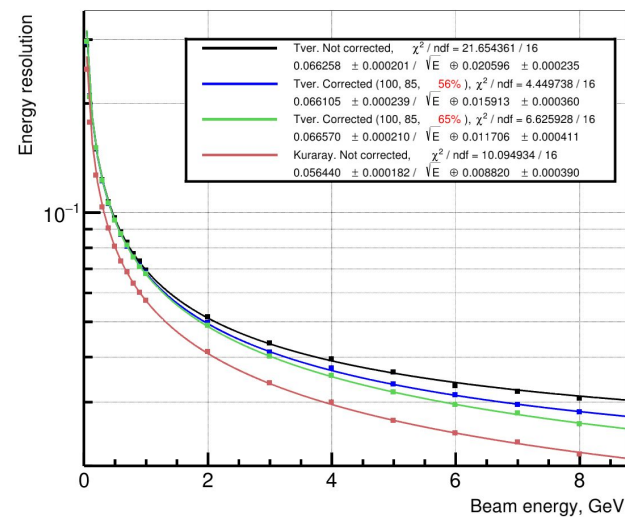
No mirror



Black



Mirror



Resolution. Correction. Gamma + scintillation

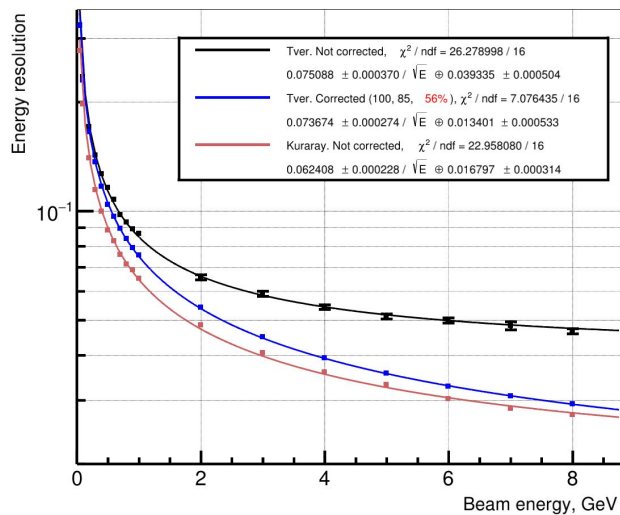


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельева

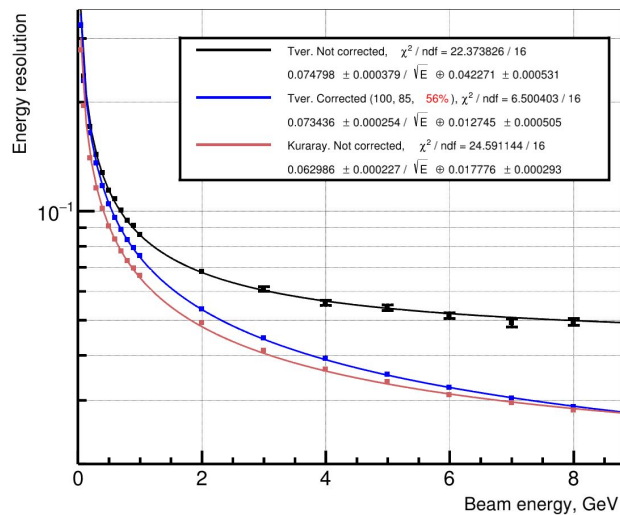


Объединенный
институт ядерных
исследований

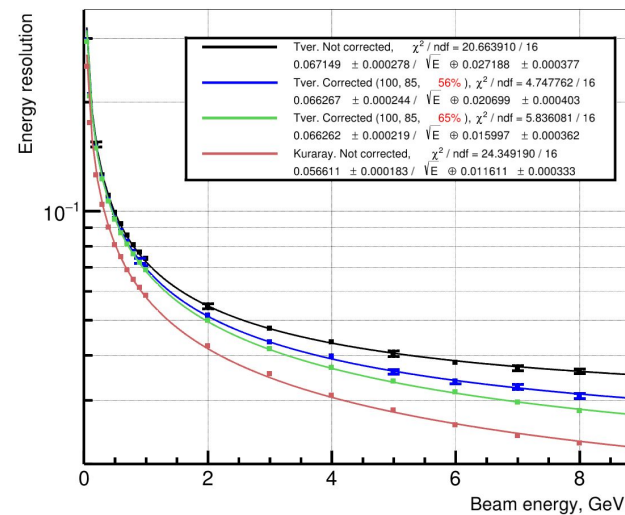
No mirror



Black



Mirror



Resolution. Correction. Electron vs gamma + scintillation

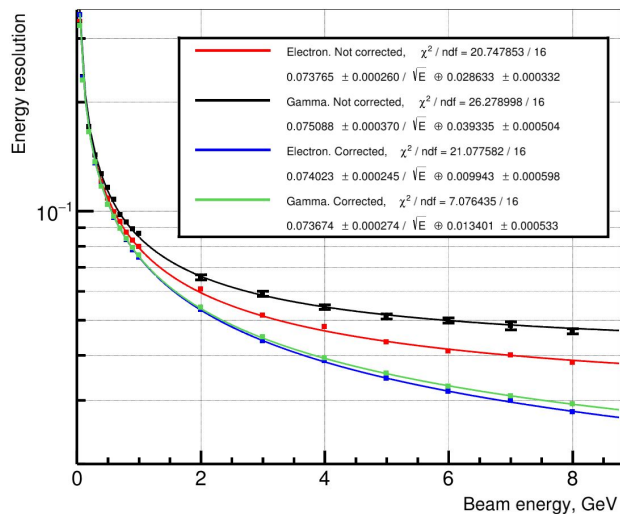


Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Дзельева

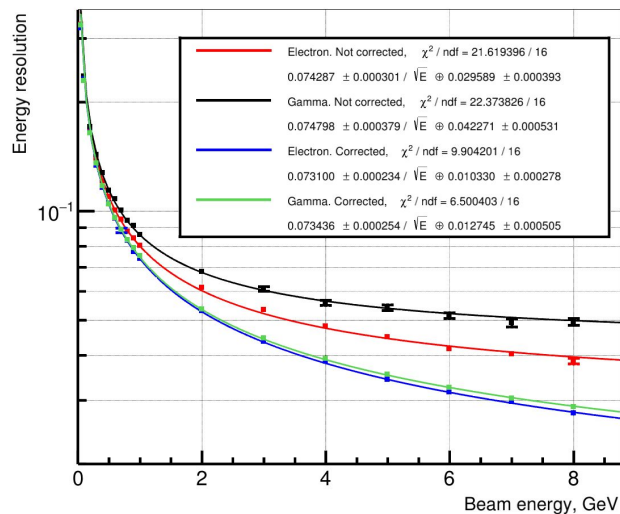


Объединенный
институт ядерных
исследований

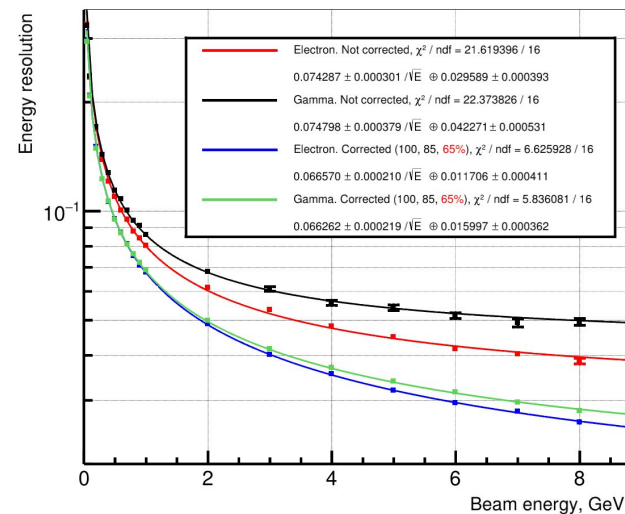
No mirror



Black



Mirror



Results



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелепова



Объединенный
институт ядерных
исследований

	No mirror		Black		Mirror	
	a, %	b, %	a, %	b, %	a, %	b, %
Electron						
Not corrected (tver)	7.37±0.02	2.86±0.03	7.43±0.03	2.96±0.04	6.63±0.02	2.06±0.02
Corrected (tver)	7.37±0.02	1.04±0.06	7.31±0.02	1.03±0.03	<u>6.66±0.02 (65%)</u>	<u>1.12±0.04 (65%)</u>
Not corrected (Kuraray)	6.13±0.02	1.23±0.03	6.25±0.02	1.30±0.03	5.64±0.02	0.88±0.04
Gamma						
Not corrected (tver)	7.51±0.04	3.93±0.05	7.48±0.04	4.23±0.05	6.71±0.03	2.72±0.04
Corrected (tver)	7.37±0.03	1.34±0.05	7.34±0.03	1.27±0.05	<u>6.63±0.02</u>	<u>1.60±0.04</u>
Not corrected (Kuraray)	6.24±0.02	1.68±0.03	6.30±0.02	1.78±0.03	5.66±0.02	1.16±0.03



Simulation with the experimental data of the light attenuation length:

- 1) Simulation for electrons and gamma beams (Tver's and Kuraray fibers; no mirror, black, mirror)
- 2) Improvement of the energy resolution of ECal module by the correction of the light attenuation by using scintillation layers with different efficiency;
- 3) Found the best efficiencies for scintillation plates to reach the best energy resolution for module.
- 4) Showed this method can improve the energy resolution.



Do you have any suggestions?



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелпова

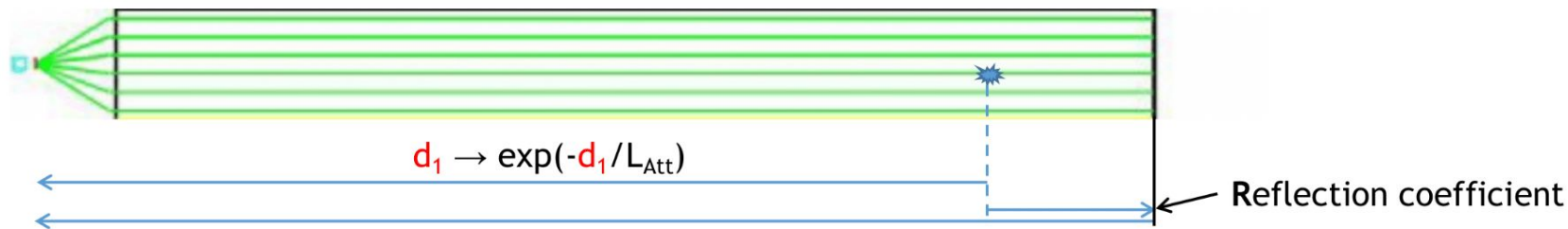


Объединенный
институт ядерных
исследований

Thank you for your attention!

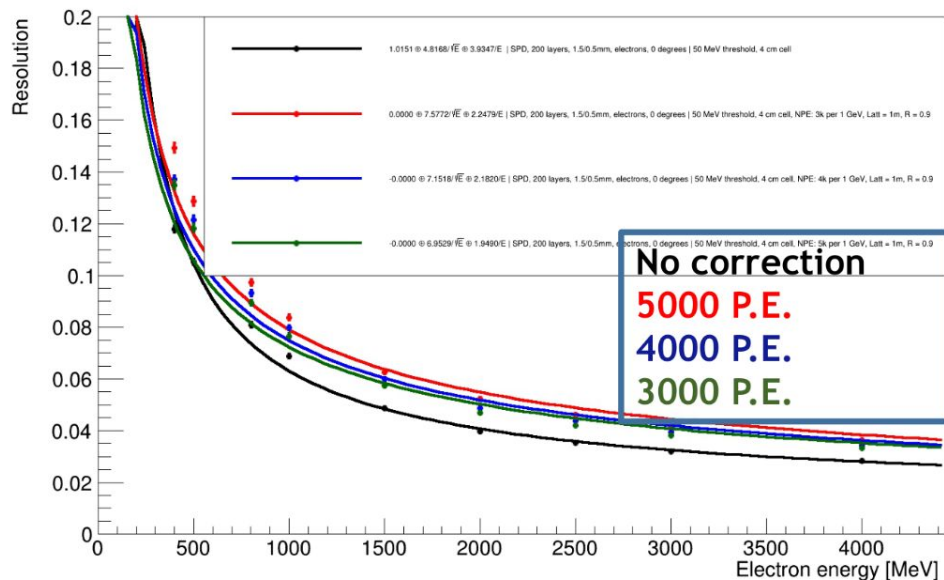
Setup details

- 200 layers of shashlyk: 0.5 mm Pb/1.5 mm scintillator
- 50 MeV cell energy threshold, 4x4 cm cell
- $L_{\text{Att}} = 1.0$ m, $R = 0.9$, 5000 photoelectrons per 1 GeV in scintillator



Effect of corrections on ECAL resolution

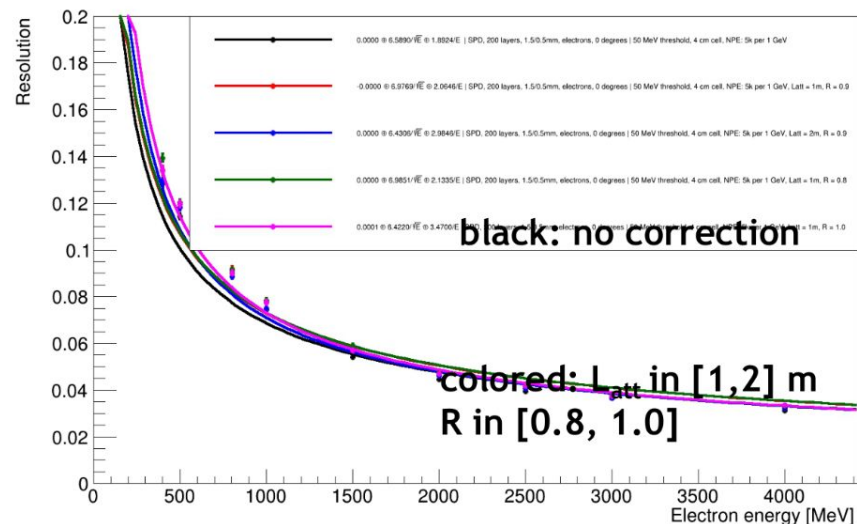
SPD ECAL resolution



All other corrections are also applied

Bigger contribution is from photoelectron statistics

SPD ECAL resolution



Значения χ^2 для разных степеней свободы



Лаборатория
ядерных проблем
им. В. П. Джелпова



Объединенный
институт ядерных
исследований

Число степеней свободы k	Уровень значимости α					
	0,01	0,025	0.05	0,95	0,975	0,99
1	6.6	5.0	3.8	0.0039	0.00098	0.00016
2	9.2	7.4	6.0	0.103	0.051	0.020
3	11.3	9.4	7.8	0.352	0.216	0.115
4	13.3	11.1	9.5	0.711	0.484	0.297
5	15.1	12.8	11.1	1.15	0.831	0.554
6	16.8	14.4	12.6	1.64	1.24	0.872
7	18.5	16.0	14.1	2.17	1.69	1.24
8	20.1	17.5	15.5	2.73	2.18	1.65
9	21.7	19.0	16.9	3.33	2.70	2.09
10	23.2	20.5	18.3	3.94	3.25	2.56
...



Посчитать калориметр 200 слоев (1.5 мм Сц.+0.5 мм Свинец) - получить энергетическое разрешение в диапазоне энергий 50 MeV - 8 ГэВ, как функция $1/\sqrt{E}$. Ячейка может быть бесконечной, например 200x200 мм - т.е. не учитывать гранулярность 40x40. Но заложить затухание света вдоль модуля по закону экспоненциальному.

1. Бесконечная длина затухания - т.е. равномерный модуль.
2. Длина затухания = 200 см
3. Длина затухания = 100 см
4. Длина затухания = 50 см