

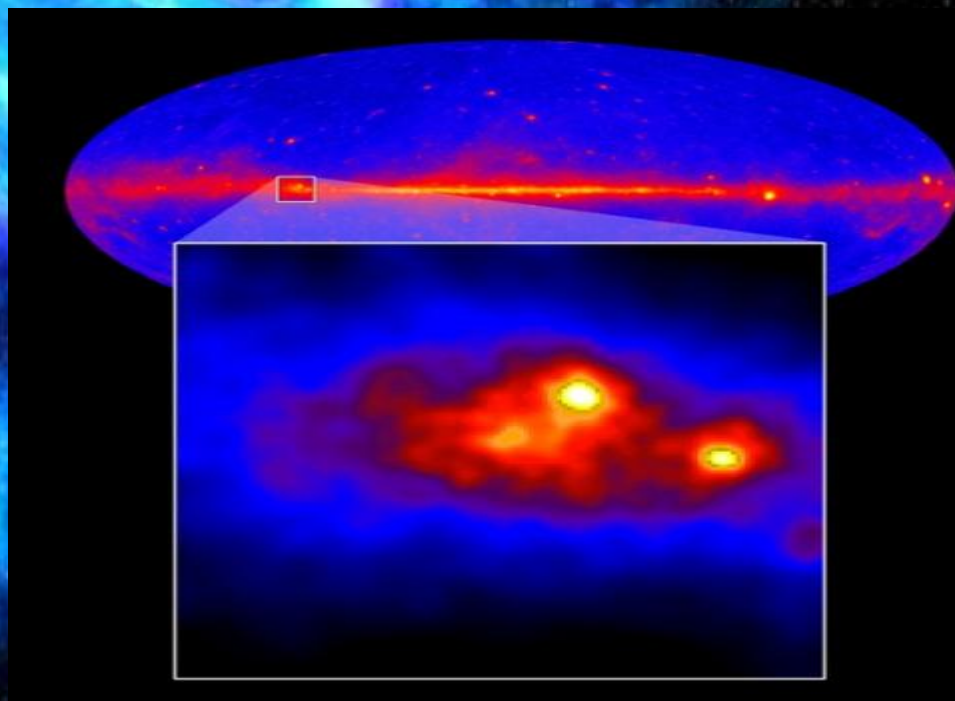


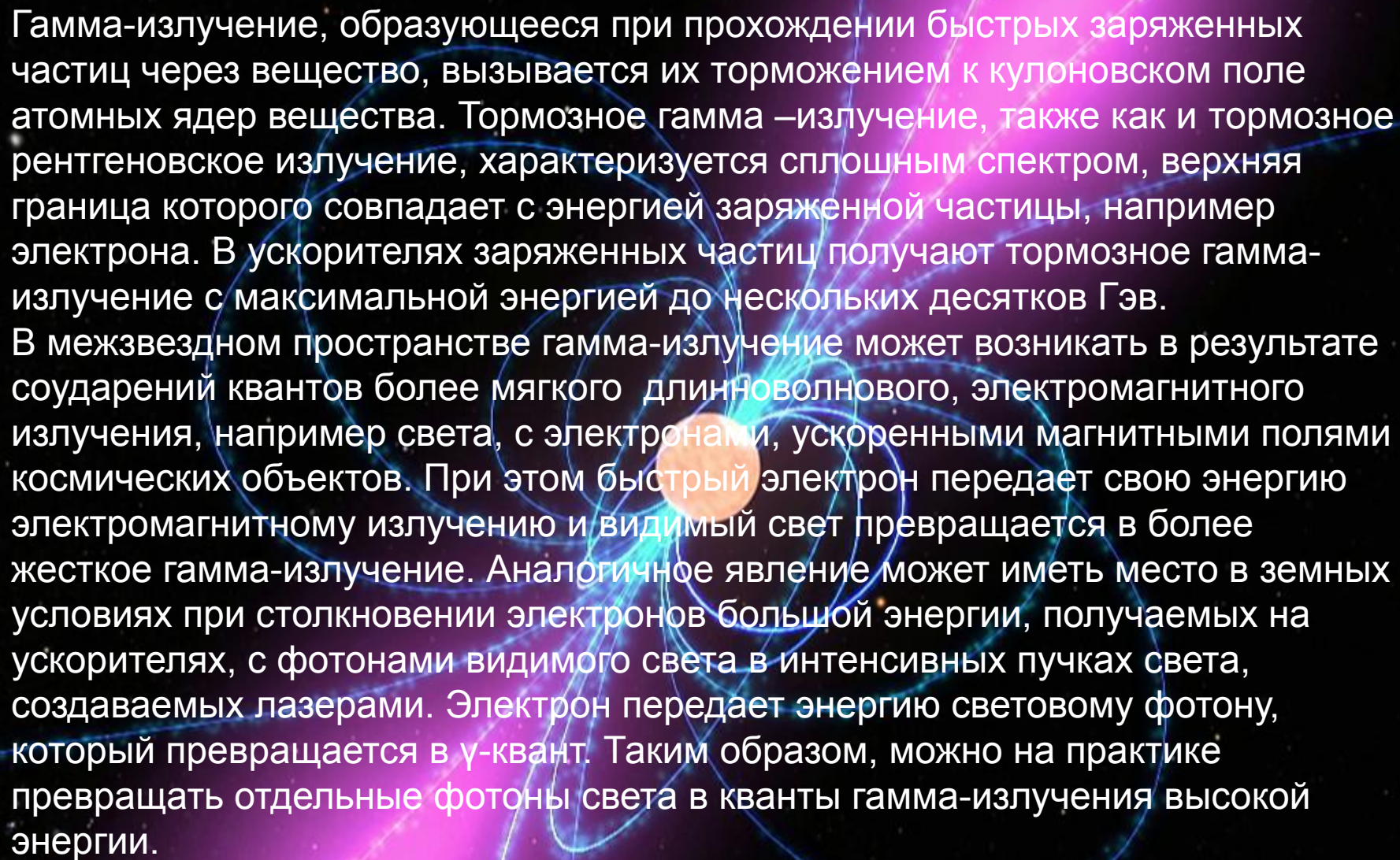
«Гамма-  
излучение»

Гамма-излучение – это коротковолновое электромагнитное излучение. На шкале электромагнитных волн оно граничит с жестким рентгеновским излучением, занимая область более высоких частот. Гамма-излучение обладает чрезвычайно малой длиной волны ( $\lambda < 10^{-8}$  см) и вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. ведет себя подобно потоку частиц – гамма квантов, или фотонов, с энергией  $h\nu$  ( $\nu$  – частота излучения,  $h$  – Планка постоянная).

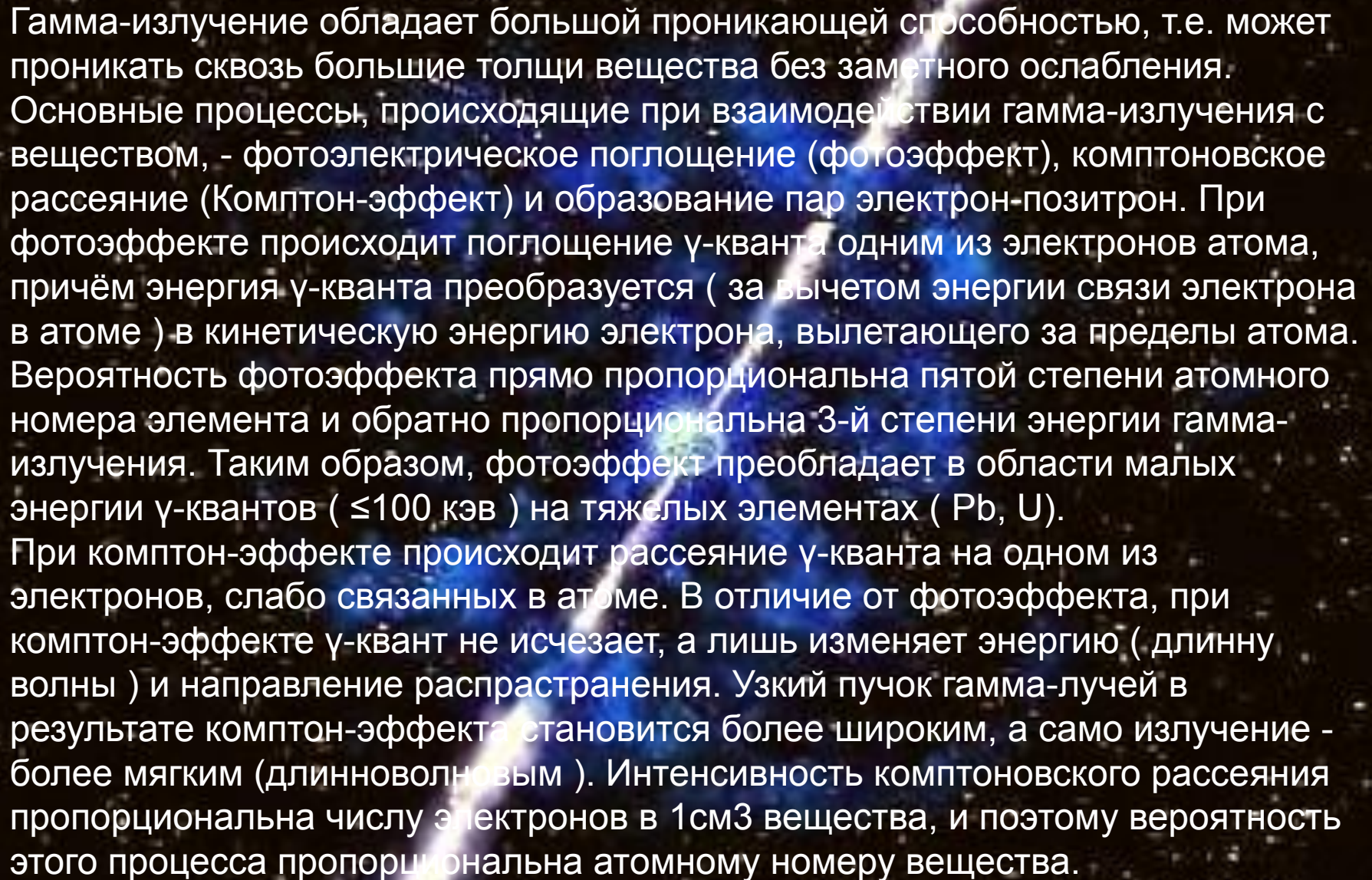
Гамма-излучение возникает при распадах радиоактивных ядер, элементарных частиц, при аннигиляции пар частицы-античастица, а также при прохождении быстрых заряженных частиц через вещество.

Гамма-излучение, сопровождающее распад радиоактивных ядер, испускается при переходах ядра из более возбужденного энергетического состояния в менее возбужденное или в основное. Энергия  $\gamma$  – кванта равна разности энергий  $\Delta\varepsilon$  состояний, между которыми происходит переход.





Гамма-излучение, образующееся при прохождении быстрых заряженных частиц через вещество, вызывается их торможением к кулоновском поле атомных ядер вещества. Тормозное гамма –излучение, также как и тормозное рентгеновское излучение, характеризуется сплошным спектром, верхняя граница которого совпадает с энергией заряженной частицы, например электрона. В ускорителях заряженных частиц получают тормозное гамма-излучение с максимальной энергией до нескольких десятков Гэв. В межзвездном пространстве гамма-излучение может возникать в результате соударений квантов более мягкого длинноволнового, электромагнитного излучения, например света, с электронами, ускоренными магнитными полями космических объектов. При этом быстрый электрон передает свою энергию электромагнитному излучению и видимый свет превращается в более жесткое гамма-излучение. Аналогичное явление может иметь место в земных условиях при столкновении электронов большой энергии, получаемых на ускорителях, с фотонами видимого света в интенсивных пучках света, создаваемых лазерами. Электрон передает энергию световому фотону, который превращается в  $\gamma$ -квант. Таким образом, можно на практике превращать отдельные фотоны света в кванты гамма-излучения высокой энергии.



Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью, т.е. может проникать сквозь большие толщи вещества без заметного ослабления. Основные процессы, происходящие при взаимодействии гамма-излучения с веществом, - фотоэлектрическое поглощение (фотоэффект), комптоновское рассеяние (Комптон-эффект) и образование пар электрон-позитрон. При фотоэффекте происходит поглощение  $\gamma$ -кванта одним из электронов атома, причём энергия  $\gamma$ -кванта преобразуется ( за вычетом энергии связи электрона в атоме ) в кинетическую энергию электрона, вылетающего за пределы атома. Вероятность фотоэффекта прямо пропорциональна пятой степени атомного номера элемента и обратно пропорциональна 3-й степени энергии гамма-излучения. Таким образом, фотоэффект преобладает в области малых энергии  $\gamma$ -квантов (  $\leq 100$  кэв ) на тяжелых элементах ( Pb, U). При комптон-эффекте происходит рассеяние  $\gamma$ -кванта на одном из электронов, слабо связанных в атоме. В отличие от фотоэффекта, при комптон-эффекте  $\gamma$ -квант не исчезает, а лишь изменяет энергию ( длину волны ) и направление распространения. Узкий пучок гамма-лучей в результате комптон-эффекта становится более широким, а само излучение - более мягким (длинноволновым ). Интенсивность комптоновского рассеяния пропорциональна числу электронов в  $1\text{ см}^3$  вещества, и поэтому вероятность этого процесса пропорциональна атомному номеру вещества.

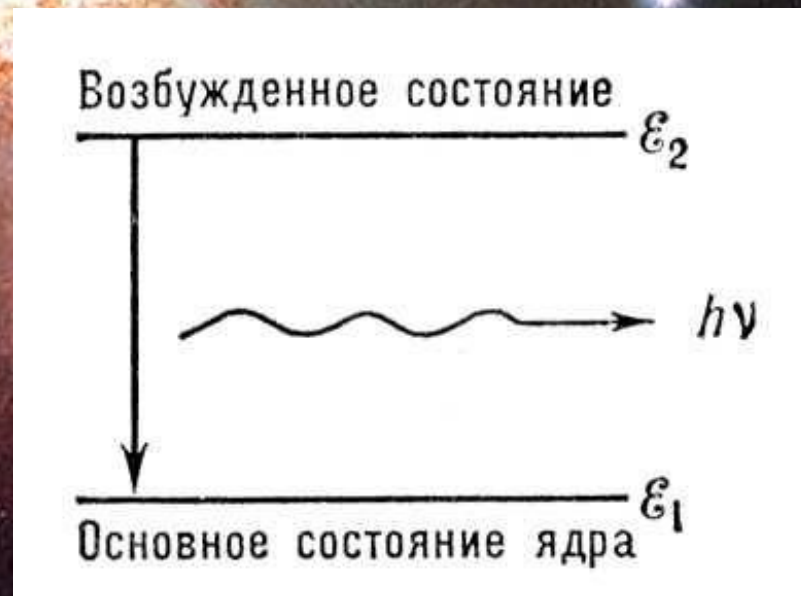
Комптон-эффект становится заметным в веществах с малым атомным номером и при энергиях гамма-излучения, превышают энергию связи электронов в атомах. Так, в случае Pb вероятность комптоновского рассеяния сравнима с вероятностью фотоэлектрического поглощения при энергии  $\sim 0,5$  Мэв. В случае Al Комптон-эффект преобладает при гораздо меньших энергиях.

Если энергия  $\gamma$ -кванта превышает 1,02 Мэв, становится возможным процесс образования электрон-позитроновых пар в электрическом поле ядер.

Вероятность образования пар пропорциональна квадрату атомного номера и увеличивается с ростом  $h\nu$ . Поэтому при  $h\nu \sim 10$  Мэв основным процессом в любом веществе оказывается образование пар.

Обратный процесс аннигиляция электрон-позитронной пары является источником гамма-излучения.

Для характеристики ослабления гамма-излучения в веществе обычно пользуются коэффициентом поглощения, который показывает, на какой толщине  $X$  поглотителя интенсивность  $I_0$  падающего пучка гамма-излучения ослабляется в  $e$  раз



$$I=I_0e^{-\mu_0x}$$

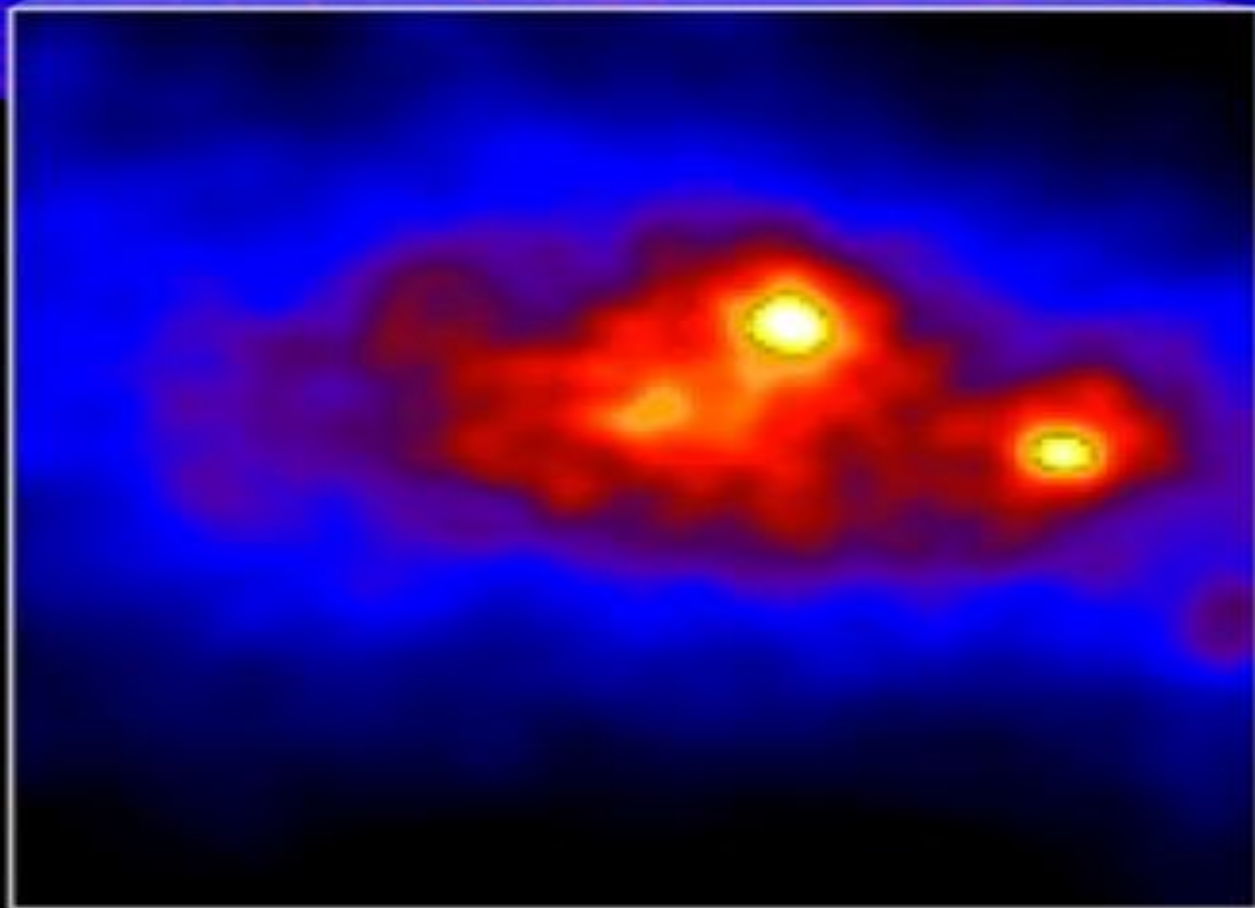
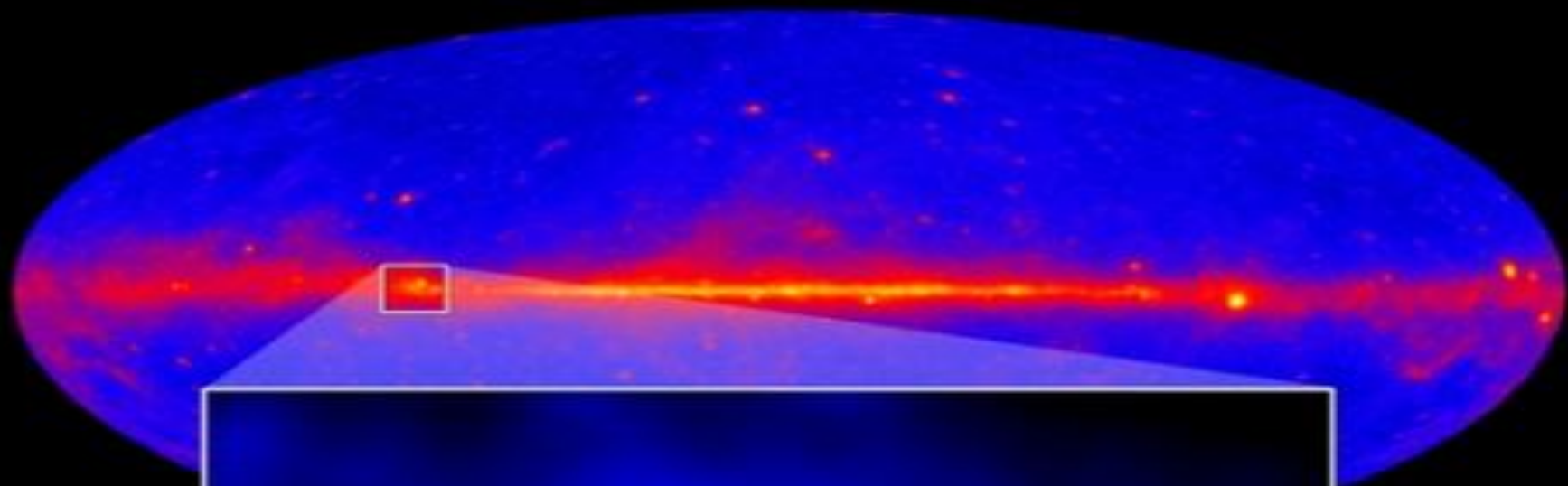
Здесь  $\mu_0$  – линейный коэффициент поглощения гамма-излучения. Иногда вводят массовый коэффициент поглощения, равный отношению  $\mu_0$  к плотности поглотителя.

Экспоненциальный закон ослабления гамма-излучения справедлив для узкого направления пучка гамма-лучей, когда любой процесс, как поглощения, так и рассеяния, выводит гамма-излучение из состава первичного пучка. Однако при высоких энергиях процесс прохождения гамма-излучения через вещество значительно усложняется. Вторичные электроны и позитроны обладают большой энергией и поэтому могут, в свою очередь, создавать гамма-излучение благодаря процессам торможения и аннигиляции. Таким образом в веществе возникает ряд чередующихся поколений вторичного гамма-излучения, электронов и позитронов, то есть происходит развитие каскадного ливня. Число вторичных частиц в таком ливне сначала возрастает с толщиной, достигая максимума. Однако затем процессы поглощения начинают преобладать над процессами размножения частиц и ливень затухает. Способность гамма-излучения развивать ливни зависит от соотношения между его энергией и так называемой критической энергией, после которой ливень в данном веществе практически теряет способность развиваться.

Для изменения энергии гамма-излучения в экспериментальной физике применяются гамма-спектрометры различных типов, основанные большей частью на измерении энергии вторичных электронов. Основные типы спектрометров гамма-излучения: магнитные, сцинтилляционные, полупроводниковые, кристалл-дифракционные.



Действие на организм гамма-излучения подобно действию других видов ионизирующих излучений. Гамма-излучение может вызывать лучевое поражение организма, вплоть до его гибели. Характер влияния гамма-излучения зависит от энергии  $\gamma$ -квантов и пространственных особенностей облучения, например, внешнее или внутреннее. Относительная биологическая эффективность гамма-излучения составляет 0,7-0,9. В производственных условиях (хроническое воздействие в малых дозах) относительная биологическая эффективность гамма-излучения принята равной 1. Гамма-излучение используется в медицине для лечения опухолей, для стерилизации помещений, аппаратуры и лекарственных препаратов. Гамма-излучение применяют также для получения мутаций с последующим отбором хозяйственно-полезных форм. Так выводят высокопродуктивные сорта микроорганизмов (например, для получения антибиотиков) и растений. Ионизирующие излучения стали использовать для повышения сроков хранения сельскохозяйственных продуктов и для уничтожения различных насекомых-вредителей. Например, если зерно перед загрузкой в элеватор пропустить через бункер, где установлен мощный источник радиации, то возможность размножения насекомых-вредителей будет исключена и зерно сможет храниться длительное время без каких-либо потерь. Само зерно как питательный продукт не меняется при таких дозах облучения. Употребление его для корма четырех поколений экспериментальных животных не вызвало каких бы то ни было отклонений в росте, способности к размножению и других патологических отклонений от нормы.

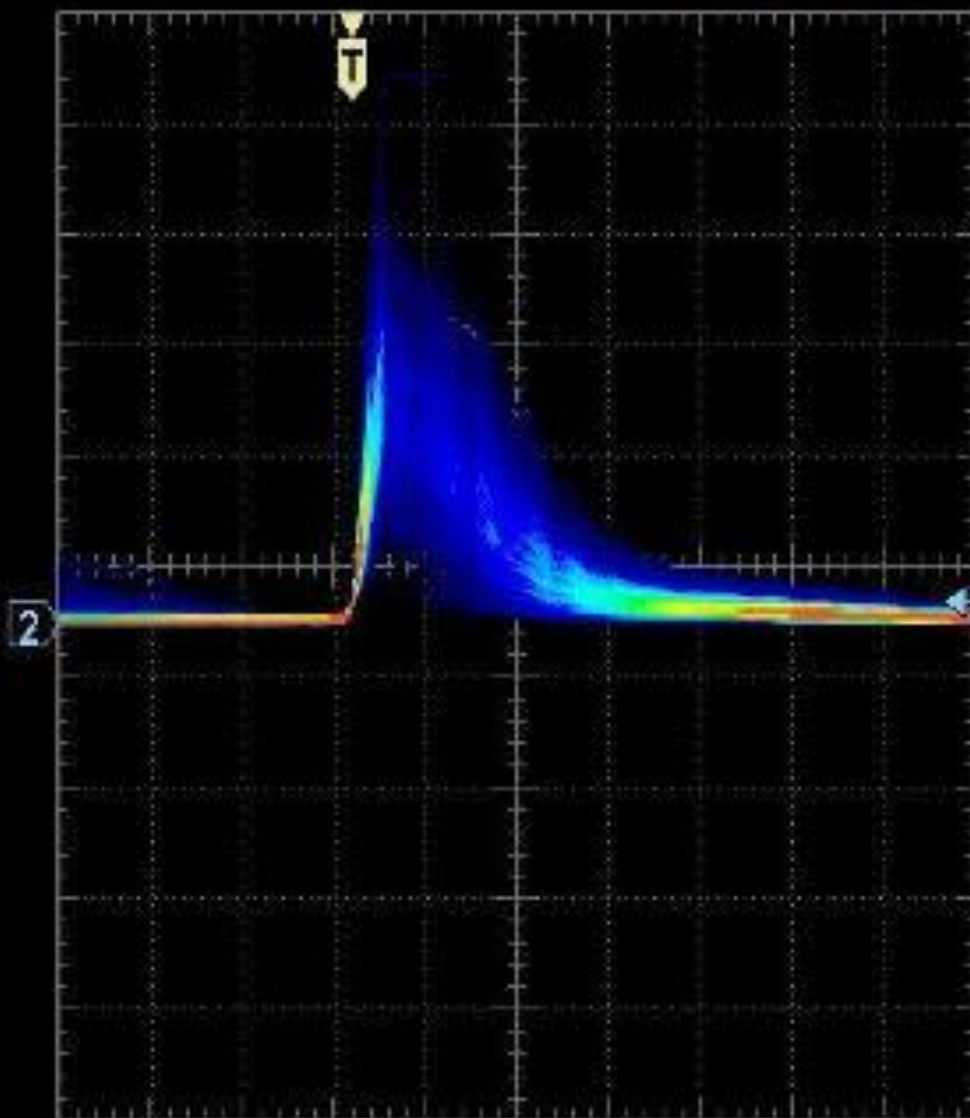




Осциллограмма гамма-излучения

Поз: -180 нс (-1.80 дел)

Триг: K2 40.0 мВ (0.20 дел)



Канал 1

Частота

?

Канал 1

Период

?

Канал 1

Среднее

387 мкВ

Канал 1

Размах

3.11 мВ

Канал 1

СКЗ

470 мкВ

K2 200 мВ

Гор: 100 нс