|  |  |
| --- | --- |
| 1 slide  Добрый день, меня зовут Михаил Зелёный и сегодня я расскажу как гамма-излучение может применяться для анализа содержимого транспортных контейнеров. | Good afternoon. My name is Mikhail Zelenyi and today I would like to tell you how gamma rays can be used to analyze the cargo of transport containers. |
| 2 slide  \*Читаю со слайда\* |  |
| 3 slide  Для начала рассмотрим как происходит уменьшение потока гамма-квантов. Прозрачность (transmittance) описывается этой формулой, и зависит от оптической толщины материала и предельной энергии спектра гамма-излучения. Мы предполагаем что в качестве источника гамма-лучей используется тормозное излучение, со спектром например как на этой картинке и с предельной энергией зависящей от энергии электронного пучка. Наша прозрачность также зависит от среднего коэффициента ослабления материала. На графике показана зависимость коэффициента ослабление от энергии для разных материалов. Мы можем выделить три области: начальную в которой доминирует фотоэффект и выделяются только материалы с большим зарядом ядра , среднюю в которой доминирует комптоновское рассеяние и материалы не различимы, и область где основное влияние оказывают рождение электрон-позитронных пар, и материалы достаточно хорошо различимы и может быть использована для метода дуальных энергий, котором я расскажу на следующем слайде. | Firstly, consider how the flux of gamma rays decreases. Transmittance is described by this equation, and depends on the optical thickness of the material and the ultimate energy of the gamma-rays spectrum. We assume that bremsstrahlung is used as a source of gamma rays, with a spectrum, for example, as in this slide and with the maximum energy depending on the energy of the electron beam. Our transmittance also depends on the mean material attenuation coefficient. This graph shows the dependence of the attenuation coefficient on energy for different materials. We can distinguish three areas: the initial one in which the photoelectric effect dominates and only materials with a large nuclear charge stand out; the average in which Compton scattering dominates and materials are not distinguishable, and the area where the main influence is produced by the production of electron-positron pairs, and the materials are quite well distinguishable. The last area can be used for the dual energy method, which I discuss on the next slide. |
| 4 slide  Метод дуальных энергий основан на использовании двух электронных пучков с разными энергиями. Поскольку формула с предыдущего слайда не дает определить заряд ядра, если не известна оптическая толщина материал, для решения этой проблемы мы рассмотри прозрачность для двух предельных энергий гамма-излучения, и тогда минимизируя данный функционал, мы исключаем из рассмотрения неизвестную нам оптическую толщину и определяем средний заряд материала. Это метод позволяет определить к какой из этих четырех групп относится сканируемый объект | The dual energy method is based on using two electron beams with different energies. Since the equation from the previous slide does not determine the nuclear charge, if the optical thickness of the material is not known, to solve this problem, we consider the transmittance for the two limit energies of gamma rays, and then minimizing this functional, we exclude unknown optical thickness from consideration and determine the average charge of the material. This method allows to determine which of these four groups the scanned object belongs to. |
| 5 slide  Эта методика имеет некоторые недостатки.  Поэтому мы предлагаем альтернативную методику. \*читаю со слайда\* | This method has several disadvantages. \*читаю со слайда\*  Therefore, we offer an alternative method \*читаю со слайда\* |
| 6 slide  Для проведения оценки мы провели несколько симуляций используя следующую схему:  электронный пучок с энергией 10 МэВ сталкивается с вольфрамовым конвертером, рождая тормозное излучение, которое облучает стальной двухметровый контейнер, внутри которого размещен исследуемый объект и регистрируется детектором. Далее я покажу не сколько примеров. | For evaluation, we conducted several simulations using the following scheme: An electron beam with the energy of 10 MeV collides with a wolfram converter, producing a bremsstrahlung that irradiates a steel two-meter container, inside which the object under study is located and is detected by a detector. To demonstrate few examples let’s move on to the next slide. |
| 7 slide  На этой фигуре показан пример изображения стальной предмета в контейнере. На следующей показан урановый куб скрытый в защитной оболочек из свинца. Как видно из симуляции мы можем попытаться различать контуры предметов или искать материалы скрытые оболочкой. | This figure shows an example of the image of a steel object in a container. The following shows a uranium cube hidden in lead shell. As you can see from the simulation, we can try to distinguish the contours of objects or look for materials hidden by the shell. |
| 8 slide  На этом графике показана интенсивность излучения для двух органических соединений: безопасного- целлюлозы и опасного взрывчатого вещества — гексогена. На следующем графике показан результат сравнения двух энергетических спектров: от уранового и алюминиевого шариков, они различимы с учетом погрешностей. | This graph shows the radiation intensity for two organic compounds: safe - cellulose and dangerous explosive - hexogen. The following graph shows the result of comparing two energy spectra: from the uranium and aluminum balls, they are distinguishable with regard to errors. |
| 9 slide  На этом слайде приведено сравнение материалов по энерговыделению в детекторах.  Данный график показывает число пикселей с определенным энерговыделением для различных материалов. Из данного графика следует что мы можем рассмотреть отношения числа пикселей с энерговыделением больше и меньше 3 МэВ и как показывает этот график это отношение зависит от заряда ядра в широком диапазоне. Это были наши некоторые оценочные симуляции, далее мы рассмотрим простой алгоритм для востановления тощины материалов. | On this slide you can see a comparison of materials for energy release in the detectors. This graph shows the number of pixels with a certain energy release for various materials. It follows that we can consider the ratio of the number of pixels with energy release more and less than 3 MeV and, as this graph shows, this ratio depends on the nuclear charge in a wide range. These were some of our estimated simulations, then we look at a simple algorithm for recovering the material thickness. |
| 10 slide  Мы будем рассматривать одномерный случай, когда гамма-кванты проходят скозь стопку из нескольких материалов с фиксированной полной толщиной и нам нужно восстановить толщины отдельных материалов. Мы будем использовать простую физическую модель в которой ослабление задается этой формулой, зависящей от среднего сечения для группы материалов с близким зарядами ядра и мы не будем учитывать множественное рассеяние и наличие аннигиляционной линии. Мы считаем что полная толщина известна и для восстановления толщин отдельных слоев мы будем использовать метод наименьших квадратов, то есть минимизировать вот эту сумму. | Consider the one-dimensional case where gamma rays pass through a stack of several materials with a fixed total thickness and we need to reconstruct the thickness of individual materials. We use a simple physical model in which the attenuation is given by this formula, depending on the average cross section for a group of materials with close nuclear charges, and we don’t take into account multiple scattering and the annihilation line. We suppose that the total thickness is known and to reconstruct the thickness of the individual layers, we use the least-squares method, that is, minimize this sum. |
| 11 slide  На этом слайде пример работы данного алгоритма. \*читаю со слайда\*  Как мы видим их таблицы его результат достаточно точен. Для уточнения возможностей алгоритма мы провели несколько численных экспериментов | On this slide is an example of the operation of this algorithm. \*читаю с слайда \* As we can see from the table, its result is quite accurate. To clarify the capabilities of the algorithm, we conducted several numerical experiments. |
| 12 slide  Мы также использовали алюминий железо и свинец, но теперь мы взяли много наборов толщин, с полной толщиной лежащей в пределах от 30 до 180 сантиметров. На графике приведен разброс ошибок восстановления для этих наборов. Как мы видим лучше всего определяется толщина тяжёлых элементов — с точность около 5 %, а хуже всего для материалов из группы железа, там ошибка достигает 30 %. Однако это слишком простая модель, какая же от нее польза? | We also used aluminum, iron and lead, but now we have taken many sets of thicknesses, with a total thickness between 30 and 180 centimeters. The graph shows the variation of recovery errors for these sets. As we can see, the thickness of heavy elements is determined best of all - with an accuracy about 5%, and worst of all for materials from the iron group, the error there reaches 30%. However, this is too simple model. What good will it do? |
| 13 slide  Мы использовали только энергетическое распределение, если мы добавим еще и пространственное, то мы можем попытаться восстановить трехмерную структуру груза в контейнере. Поэтому наша простая модель показывает что у нас есть перспектива создания действительной мощной системы для анализа содержимого контейнеров. | We used only the energy distribution, if we also add a space distribution, then we can try to reconstruct the three-dimensional structure of the cargo in the container. Therefore, our simple model shows that we have the prospect of creating a truly powerful system for analyzing the contents of containers. |
| 14 slide  Кроме моделирования, доктором Губером и доктором Ивашкины, проведены измерения энергического разрешения детектора для регистрации гамма излучения. В эксперименте использовались натриевый и цезиевый источники, излучение с которых попадало в BGO сцинтилятор, свет из которого регистрировался кремниевый фотоимножителем, сигнал которого отрабатывался электроникой. | In addition, Dr. Guber and Dr. Ivashkin also measured the energy resolution of the detector for detecting gamma rays. Sodium and cesium sources were used in the experiment. The radiation from them fell into the BGO scintillator, the light from which was registered by a silicon photomultiplier, the signal of which was digitized by electronics. |
| 15 slide  На слайде приведены результаты измерений различных энергетических линий источников, результат измерения приведен в таблице. В этом опыте использовался не полный массив фотодиодов, поэтому при использовании всех фотодиодов разрешение улучшится. | The slide shows the measurement results of various energy lines of the sources, the measurement results are shown in the table. In this experiment, not a complete array of photodiodes was used, therefore, if we use all photodiodes, the resolution will improve. |
| 16 slide  Подведем итоги. В нашей работе мы получили следующие результат: \*читаю со слайда\*  Данная работа в в перспективе помет привести к создание 3D гамма-томографии. | Let's me summirise. In our work, we obtained the following result: \* читаю с слайда \* In perspective this work can lead to the development the 3D gamma tomography. |
| 17 slide  Спасибки , может задавать вопросы. | Thank you for your attention. If you have any questions, I'll be happy to answer them. |