

MODELING OF A MATHEMATICAL PHANTOM IN THE FLUKA SOFTWARE PACKAGE WITH THE FLAIR INTERFACE



<https://doi.org/10.24412/2181-1784-2022-4-241-250>

**Rakhimjanov Jahongir Saydakhmat ogli,
Mirzarahimov Abdukhilil Umirzakovich,
Abdullayev Sherzod Shuhratjon ogli,
Nematov Husniddin Muhiddin ogli,
Khidirov Dadahon Sherkuzievich**
Fergana Polytechnic Institute,
jahongirrahimjonov042997@gmail.com

ABSTRACT

This paper shows the simulation of the Fisher-Snyder computational mathematical phantom published in the ICRP journal 23 in the FLUKA software package (with the Flair interface).

Keywords: *mathematical (stylized) phantom, FLUKA, Flair, Fisher-Snyder phantom, Computational phantom, ICRP 23*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАНТОМА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “FLUKA” С ИНТЕРФЕЙСОМ “FLAIR”

АННОТАЦИЯ

В этой работе показано моделирование вычислительного математического фантома Фишера-Снайдера опубликованной в журнале МКРЗ 23 в программной комплексе FLUKA (с интерфейсом Flair).

Ключевые слова: *математический (стилизованный) фантом, FLUKA, Flair, фантом Фишера-Снайдера, Вычислительный фантом, МКРЗ 23*

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня существует множество способов проведения дозиметрических расчетов. Одним из самых распространенных и современных принято считать применение программных кодов, основанных на использовании метода Монте-Карло для моделирования переноса излучения через вещество, что, в свою очередь, позволяет провести также и расчеты дозовых нагрузок.

Для проведения расчетов используются разные модели человека или так называемые фантомы. Они отличаются как внутренними параметрами, так и способом создания, так как могут быть сделаны разными методами. В данной

работе проводились дозиметрические расчеты гамма-излучения с использованием одного из типов таких моделей – математического фантома и программного комплекса FLUKA для следующих целей:

1. Продемонстрировать и апробировать возможности программного средства FLUKA относительно использования математических фантомов;
2. Подготовить параметры модели для дозовых расчетов;
3. Подобрать параметры источника излучения для проведения расчетов;

Математическая модель человека является достаточно устаревшей, но до сих пор может использоваться для решения широкого диапазона дозиметрических задач. Большое внимание было уделено переносу математического фантома в формат входных файлов используемых FLUKA. Развитие моделей происходило постепенно – от более простых и примитивных к сложным и детальным.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для расчетов доз уже много десятилетий учёными и медиками используются модели тела человека, которые иначе называются вычислительными фантомами. Вычислительные фантомы создавались исходя из имеющихся в определенный период времени технологий, поэтому с течением времени происходило их усложнение. Существующие компьютерные фантомы можно разделить на три класса:

- стилизованные (математические) фантомы (с 1960-х по 2000-е годы);
- воксельные фантомы (с 1980-х по 2000-е годы);
- фантомы VREP (с 2000-х по настоящее время).

Математический фантом

Создавать фантом будут следовать формату Снайдера и Кристи изображенному на рисунке 2. Фантом состоит из трех основных секций: (1) эллиптического цилиндра, представляющего туловище и руки; (2) двух усеченных круглых конусов, представляющих ноги и ступни; и (3) эллиптического цилиндра, увенчанного половиной эллипсоида, представляющего голову и шею. К ногам прикреплен небольшой участок с плоской передней поверхностью для размещения яичек.

Рост математической модели равен 176 см. Модель соответствует по размеру модели Снайдера. Математический фантом включает следующие части: голова, ноги, руки, таз, костный мозг, 12 ребер, надпочечники, головной мозг, желудок, тонкий кишечник, верхняя часть толстой кишки, почки, печень,

легкие, яичники, поджелудочная железа, селезенка, яички, вилочковая железа, щитовидная железа, мочевой и матка.

Моделирование фантома

Моделирование математического фантома в FLUKA является длительной процессом. Для создания фантома используется множество комбинаций геометрических примитивов, заданных в работе в форме уравнений поверхностей второго порядка. Геометрический модуль FLUKA работает с замкнутыми объемами и их объединениями – так называемыми регионами.

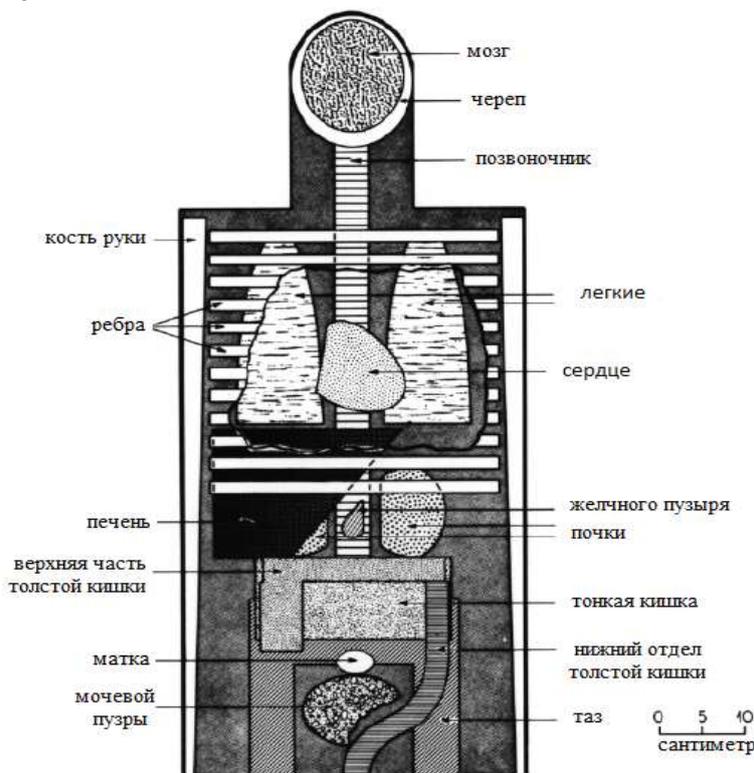


Рисунок 2. Фантом Снайдера (1974) - тело человека, содержащее внутренние органы

Регионы состоят из отдельных геометрических блоков – тел с соответствующими параметрами, включающих такие распространенные тела как:

<ul style="list-style-type: none"> ● Шар; ● Цилиндр – замкнутый (с основаниями) и разомкнутый (без оснований); 	<ul style="list-style-type: none"> ● Эллипсоид; ● Различные плоскости; ● Параллелепипед; ● Усеченный конус.
--	---

К регионам производится привязка определенных материалов, задание

которых происходит также в рамках входного файла. Моделирование происходит путём построения тела человека через комбинацию регионов из геометрических фигур. Данный процесс требует выбора наиболее похожей геометрической фигуры для аппроксимации определенного органа человека. Кроме этого, объём и масса этой фигуры должны соответствовать объёму и массе соответствующего органа организма. Через задание геометрических фигур мы получаем геометрическое тело человека.

Сборка регионов для конкретного органа или ткани организма осуществляется следующим образом - конкретный орган или часть тела собирается из комбинаций различных геометрических фигур (возможно применение различных логических операторов, то есть возможно объединять или вычитать фигуры). В программе были созданы три основных пространства: «Black hole», «Void around» и «Target». Зона «Black hole» окружает все пространство, и она является поглощающей сферической средой для всех частиц. Необходима для того, чтобы заканчивать историю частиц, которые при моделировании оказались слишком далеко от интересующей нас зоны модели. Зона «Void around» также является сферой, она предназначена для того, чтобы окружить модель со всех сторон, и играет роль окружающей среды. «Target» — это чувствительная зона, в которой мы моделируем объект. Данные геометрических фигур, вводимых в интерфейс flair, показаны на рисунке 3.

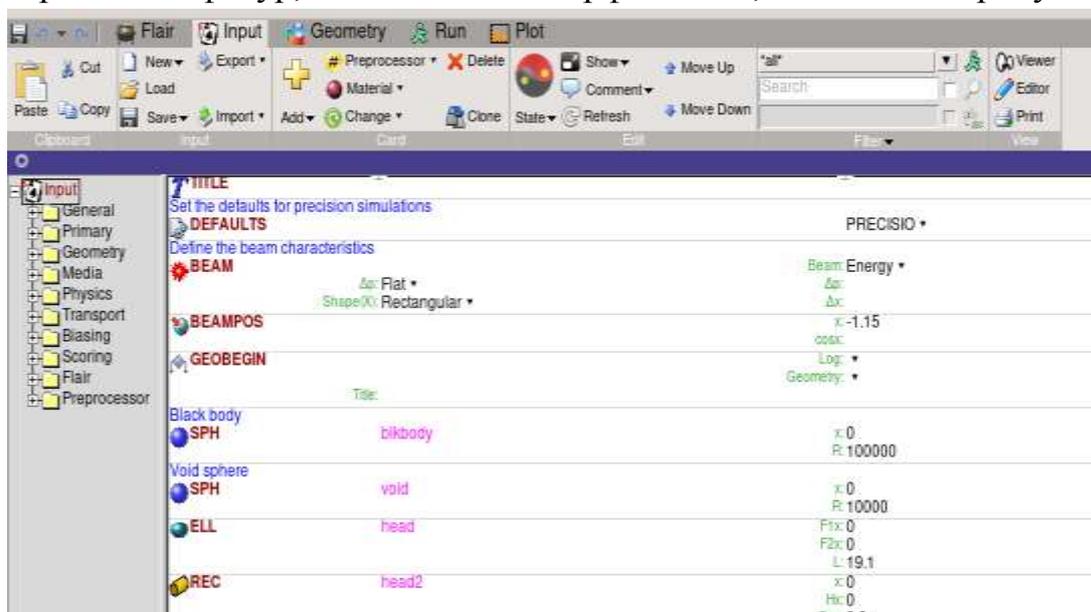


Рисунок 3. Интерфейс flair, где вводится данные геометрической фигуры

Если мы моделируем какой-то объект, который не похож на элементарную геометрическую фигуру, тогда потребуется каким-либо образом комбинировать

несколько фигур-примитивов. Все нужные части собираются в регионе «Target» и называются различными именами (учитывая ограничение не больше 8 символов из-за того, что языком FLUKA является FORTRAN), ненужные части собираются в регионе «Void around». Если регион или часть региона одновременно принадлежит двум пространствам или вовсе не входит за их пределы, тогда программа предупреждает об ошибке. На рисунке 4 продемонстрирован синтаксис объединения фигур в регион. Видно, что регионы, которые содержат больше всего вложенных элементов, такие как «Target» содержат достаточно громоздкую конструкцию логических комбинаций. Чтобы сконструировать модель полностью и без ошибок, использовался аппарат дебага встроенный в flair, который позволяет найти ошибки при задании геометрии, а также геометрия конструировалась по частям. То есть все органы были сконструированы по отдельности, а затем объединены в рамках данного одного проекта.

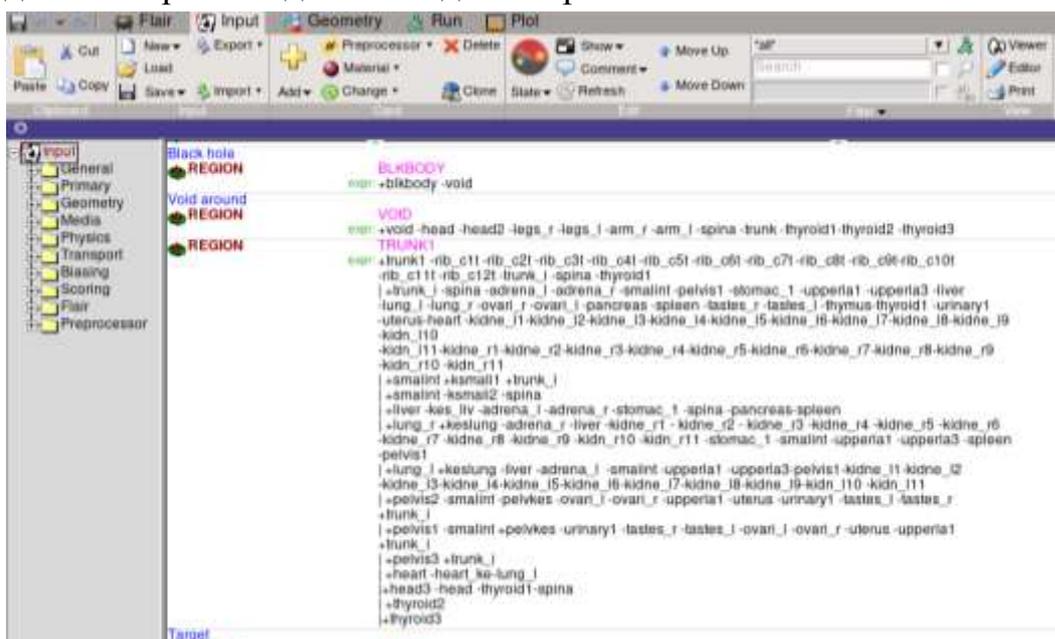


Рисунок 4. Интерфейс flair, где геометрические фигуры объединяются в регионы

Для регионов внутри «Target» можно задать состав или материал. Интерфейс flair предоставляет достаточно много материалов, элементов и тканей организма человека, которые соответствует рекомендациям ICRP. Материал региона можно выбрать из списка или вводить через функцию «Comround» в виде массовых или атомарных долей (Рисунок 5).

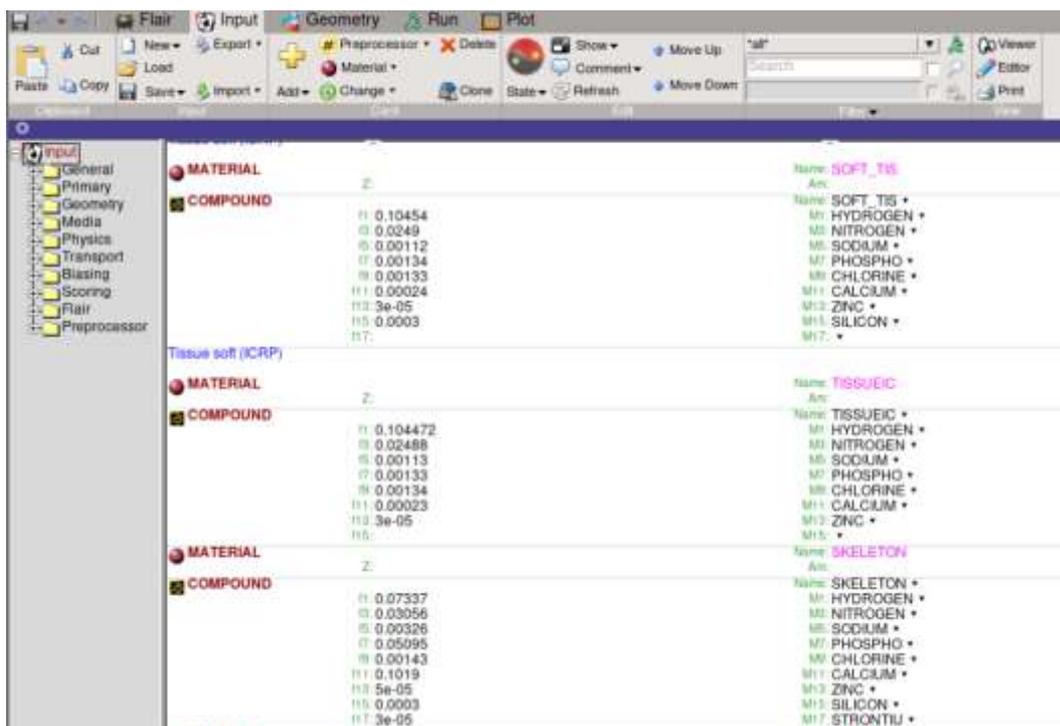


Рисунок 5. Интерфейс flair, где вводится состав региона

В таблице 1 ниже указана масса и объём некоторых органов, на рисунке 7 показан внешний вид созданного фантома.

Органы	Математический фантом	
	Масс а, грамм	Объём, см ³
Ребро	887	633,7
Надпочечник	16,3	15,64
и		
Мозг	1386	1333
Желудок	418	402,5
Тонкий	950	1148
кишечник		
Почки	279,5	268,7
Печень	1756	1650
Легкие	1104	3730
Кожа	3102	2520
Селезенка	187	181

Яички	33,8	32,5
Вилочковая железа	25	24,5
Щитовидная железа	18	17,3
Мочевой Матка	260	250
	84,5	81,24

Таблица 1. Масса и объём органов математического фантома

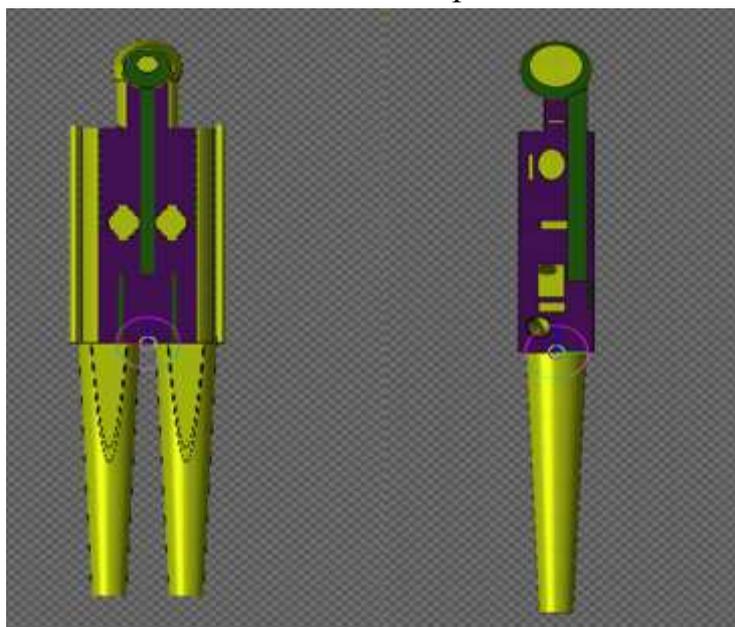


Рисунок 7. Внешний вид математического фантома в программном коде FLUKA

К фантому привязаны три типа тканей: скелетные, ткани легких и все другие ткани (здесь называемые "мягкими тканями"). У фантома отсутствует кровь. Элементное положение каждого типа ткани и составы были получены на основе данных содержащихся в публикации 23 МКРЗ (ICRP 1975) .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование математического фантома на программе FLUKA является достаточно длительным и трудоемким процессом, при объединении тел в регионы и при формировании их комбинаций. В рамках работы во входной формат программного комплекса FLUKA был перенесен фантом MIRD. Итоге получилось математический фантом "Фантом Снайдера (1974)". У нашего фантома, который мы моделировали в программном комплексе FLUKA с интерфейсом Flair явные различия с фантомом "Фантом Снайдера (1974)" не

наблюдались. Наблюдаются различия в размерах некоторых органов, которые также не превышают 10 процентов. Основная причина наблюдения этих различий заключается в том, что интерфейс Flair состоит из точных геометрических фигур, т. е. нет изогнутых цилиндров или эллипсов, и невозможно получить сечения фигур под определенным углом. Заметные различия наблюдались в печени, щитовидной железе и матке.

В общем случае математический фантом можно использовать для расчета дозы, а результаты можно определить путем сравнения уровня надежности с надежными результатами, полученными на разных фантомах. Математический фантом можно применять при расчете дозы путем ввода поправочных коэффициентов.

REFERENCES

1. M. Cristy, "Mathematical phantoms for use in reassessment of radiation doses to Japanese atomic-bomb survivors," 1985.
2. M. Cristy and K. Eckerman, "Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photon sources," 1987.
3. M. Cristy, "Mathematical phantoms representing children at various ages for use in estimates of internal dose," 1980.
4. M. Stabin et al., "Mathematical models and specific absorbed fractions of photon energy in the nonpregnant adult female and at the end of each trimester of pregnancy," 1995.
5. J. Seco and F. Verhaegen, Monte Carlo Techniques in Radiation Therapy, Imaging in medical diagnosis and therapy Series. 2013.
6. J. Schuemann, "Monte Carlo Calculations in Nuclear Medicine, Second Edition: Applications in Diagnostic Imaging.," Med. Phys., 2014, doi: 10.1118/1.4869177.
7. Yusupov, Fahriddin Tajimamat O'G'Li, Rakhmonov, Tohirbek Imomalievich, Tolaboyev Dilmuhammad Xayitali O'G'Li, Xidirov Dadaxon Sherqoziyevich USE OF VERNIER DIGITAL LABORATORY IN LESSONS AND LESSON ACTIVITIES // ORIENSS. 2021. №10.
8. Полвонов Б. З., Насиров М. ТЕМПЕРАТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ФОТОТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПЛЕНОК //Редакционная коллегия. – 2018. – С. 60.
9. Polvonov, Bakhtiyor Zaylobidinovich; Nasirov, Mardonbek Haldarbekovich; Akhmadjonov, Mehriddin Fakhridinovich; and Abdulazizov, Bakhrom Toshmirza o'g'li (2021) "THE THERMAL FIELD MIGRATION AND ELECTRODIFFUSION

OF CHARGED POINT DEFECTS IN POLYCRYSTALLINE FILMS," *Scientific Bulletin of Namangan State University*: Vol. 2 : Iss. 2 , Article 7. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol2/iss2/7>

10. Султанов Н. А. и др. ВЛИЯНИЕ ФОТОТЕРМИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ НА ФОТОПРОВОДИМОСТЬ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОМ СЕЛЕНОМ //ADVANCED SCIENCE. – 2018. – С. 18-22.

11. Толабоев Д., Расулов Р. Я. ЭФФЕКТ ФОТОННОГО УВЛЕЧЕНИЯ В p-Te //НАУКА И НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ-ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО. – 2018. – С. 12.

12. Nurmatov, O. R., Yulchiyev, I. I., Axmadjonov, M. F., Xidirov, D. S., & Nasirov, M. X. (2021). TALABALARGA “МАТЕМАТИК МАЙАТНИКНИГ ТЕБРАНISH QONUNI” MAVZUSINI МАТЕМАТИК USULLAR BILAN TUSHUNTIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 133-140.

13. Tolaboyev, D. X. (2021). KRISTALL PANJARADA ATOMLAR BIR O’LCHAMLI ZANJIRINING ТЕБРАНISHLARINI TEKSHIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 141-150.

14. Юлдашев Н. Х., Ахмаджонов М. Ф., Мирзаев В. Т. Нурматов Озодбек Равшанжон Угли Фотоэлектретные пленки CdTe: Ag и Sb₂Se₃ при собственном и примесном поглощении света shape* MERGEFORMAT //Евразийский Союз Ученых. – 2019. – №. 3-4. – С. 60.

15. Юлдашев Н. Х. и др. Фотоэлектретные пленки CdTe: Ag и Sb₂Se₃ при собственном и примесном поглощении света shape* MERGEFORMAT //Евразийский Союз Ученых. – 2019. – №. 3-4 (60). – С. 72-78.

16. Tokhir, Rakhmonov, Yusupov Fakhridin, and Tolaboyev Dilmuhammad. "A study in showing logical strategy and demeanor in the middle school." *International Engineering Journal For Research & Development* 5.7 (2020): 7-7.

17. Султанов Н. А. и др. ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИОННОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ГЛУБОКИЕ УРОВНИ ПРИМЕСЕЙ И РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КРЕМНИИ //ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ). – 2019. – Т. 46.

18. Rasulov V. R. et al. PHOTON DRAG EFFECT IN p-Te //European Science Review. – 2018. – №. 9-10-1. – С. 249-252.

19. Zaylobidinovich P. B. et al. SPECTRUM OF THE SHORT CIRCUIT PHOTO CURRENT OF CDTE, CDTE: INPHOTOLOLATIC FILMS DEPENDING ON THE TEMPERATURE //European science review. – 2018. – Т. 1. – №. 11-12. – С. 108-110.

20. Tolaboyev, D. X., Abdullayev, S., & Xidirov, D. S. (2021). STANDART KO 'RINISHDAGI IZOTROP JISMLARNING O 'TKAZUVCHANLIGI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 565-570.
21. Юлдашев Носиржон Хайдарович, Ахмаджонов Мехриддин Фахриддинович, Мирзаев Валижон Тулкинович, Нурматов Озодбек Равшанжон Угли Фотоэлектретные пленки CdTe:Ag и Sb₂Se₃ при собственном и примесном поглощении света shape * MERGEFORMAT // Евразийский Союз Ученых. 2019. №3-4 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fotoelektretnye-plenki-cdte-ag-i-sb2se3-pri-sobstvennom-i-primenom-pogloschenii-sveta-shape-mergeformat> (дата обращения: 28.03.2022).
22. Nasirov, M.X., Tolaboyev, D.X., Yulchiyev, I.I. INSON SO'LAGINING KRISTALLOGEN XUSUSIYATLARINI BAHOLASH // ORIENSS. 2021. №11.
23. Nasirov, M. X., Axmadjonov, M. F., Nurmatov, O. R., & Abdullayev, S. (2021). O 'LCHAMLI KVANTLASHGAN STRUKTURALARDA KVAZIZARRALAR. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 166-174.
24. Rakhmonov T. I., Yuldashev N. K. Photo-tensoelectric properties of thin polycrystalline CdTe, CdSe, CdS films obtained by portional thermal evaporation in a vacuum //Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 4. – №. 4. – С. 25-34.
25. Ahmadaliev, B J.; Akhmadjonov, M F.; Nurmatov, O R.; Yuldashev, N Kh; Mamatov, O M.; Muxammadyakubov, H E.; and Urmonov, S R. (2019) "THE DISPERSION AND PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM OF MIXED EXCITONS AT CRITICAL DAMPING VALUES," Scientific-technical journal: Vol. 2 : Iss. 1 , Article 2. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol2/iss1/2>
26. Мирзаев В. Т. и др. Магнитооптические свойства редкоземельных (P3)-ионов в парамагнитных гранатах //Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2019. – С. 34-36.
27. Yuldashev, N Kh; Mamatov, O. M.; Nurmatov, O. R.; Rahmonov, T. I.; and Axmadjonov, M. F. (2019) "THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF CDTe:Ag PHOTOELECTRICAL FILMS IN THE AREAS OWN AND IMPURITE ABSORPTION," *Scientific-technical journal*: Vol. 23 : Iss. 2 , Article 11. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol23/iss2/11>