

## РЕФЕРАТ НА ТЕМУ

КОЛЛАБОРАЦИЯ JEDI:  
В ПОИСКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА ЧАСТИЦ

Аспирант _____	А.Е. Аксентьев
Научный руководитель: Доц., к.ф.-м.н. _____	группа А15-202
	С.М. Полозов

# Содержание

1	Структура команды и партнёры	2
2	Финансирование	2

# Введение

JEDI-коллаборация (Jülich Electric Dipole Moment Investigations) была создана в 2011 году с целью провести долгосрочный проект по измерению электрического дипольного момента (ЭДМ) заряженных частиц в накопительном кольце (srEDM: Storage Ring EDM). На текущий момент, коллаборация базируется на синхротроне COSY (Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Jülich, Юлих, Германия), где разрабатывает концептуальный дизайн накопительного кольца для поиска дейтронного ЭДМ.

Поиск Электрического Дипольного Момент (ЭДМ) в невырожденных системах был инициирован Эдвардом Пёрселлом и Норманом Рэмзи более 50 лет назад, для нейтрона. С тех пор было проведено множество всё более чувствительных экспериментов на нейтронах, атомах, и молекулах, и тем не менее, ЭДМ пока ещё не был обнаружен.

Интерес поиска ЭДМ в том, что, если они существуют, они нарушают Р- и Т-симметрии. Дело в том, что вся наблюдаемая вселенная состоит преимущественно из материи; антиматерия может быть получена в ускорителях заряженных частиц, но в пренебрежимо малых количествах. На сколько мы понимаем, вскоре после Большого Взрыва, материя была образована из энергии в парах частица-античастица, после чего последовала стадия аннигиляции — превращения пары частица-античастица обратно в энергию, — однако по какой-то причине, эта фаза закончилась превалированием материи над антиматерией (по крайней мере в наблюдаемой вселенной) — процесс называемый *бариогенезом*.

В 1967 году, академик АН СССР Андрей Сахаров определил условия, требуемые для бариогенеза (независимо от механизма его действия). Одно из *условий Сахарова* — существование процессов, нарушающих С- и CP-симметрии. Известны источники нарушения этих симметрий, однако их не достаточно для объяснения барионной асимметрии вселенной; поиск продолжается.

Ненулевые ЭДМ элементарных частиц могут привести нас к физике за границами Стандартной Модели элементарных частиц; такие теории как SUSY (суперсимметрия) указывают на наличие ЭДМ гораздо больше, чем предсказывает Стандартная Модель элементарных частиц.

Проект srEDM — это сложное, high-risk high-impact предприятие, нуждающееся в тщательном планировании и исполнении. Далее описаны структура требуемой команды экспертов, оборудования, и ступени развития проекта.

## 1 Структура команды и партнёры

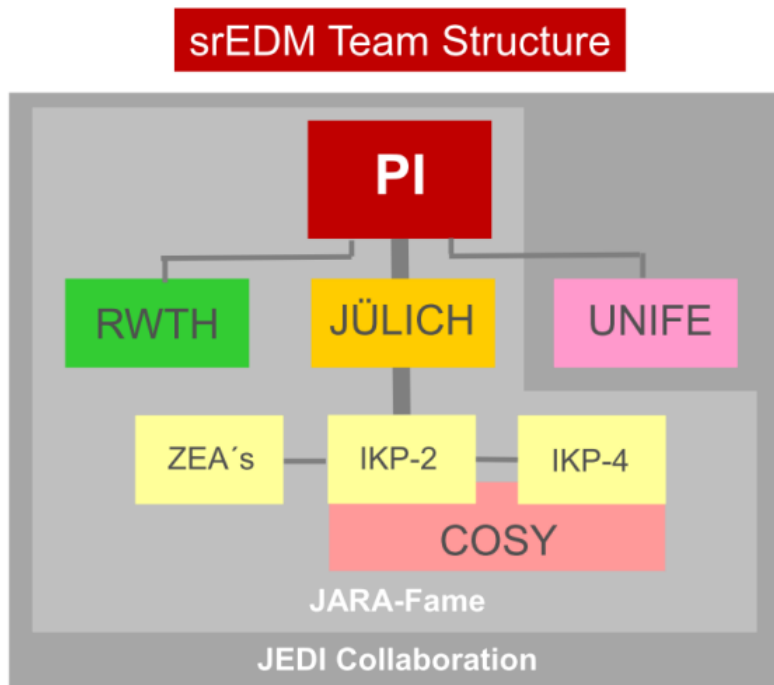
Несмотря на то, что Институт ядерной физики исследовательского центра “Юлих” (IKP FZ Jülich) — включающий в себя отдел ускорителей, а также центральные инженерные институт (ZEA, специализирующиеся в механике и электронике), — предоставляет крепкий фундамент для предложенного проекта srEDM, его многогранность и сложность требуют дополнительной экспертизы, предоставляемой следующими институтами:

- Институт физики Рейн-Вестфальского Технического Университета (RWTH) Аахена обладает международно-признанными экспертами в области дизайна и конструкции компонент детекторов, а также анализа данных; этот аспект крайне важен в разработке требуемого для эксперимента поляриметра. Профессор этого института Йорг Претц участвовал в коллаборации  $(g - 2)_\mu$  Брукхейвенской Национальной Лаборатории (BNL), единственном до сих пор прецизионном эксперименте в накопительном кольце.
- Исследовательская группа Университета Феррары и INFN (UNIFE) под предводительством профессора Паоло Ленисы давно сотрудничает с IKP FZJ в таких экспериментах как PAX (Proton-Antiproton eXperiment), и приобрела уникальную экспертизу в области поляризованных источников, мишеней, и поляриметрии, что является чрезвычайно ценным для успеха поляриметрии во всех экспериментах COSY.

Также, FZJ и RWTH основали институт JARA (Jülich-Aachen Research Alliance), с группой FAME (Forces and Matter Experiments), с целью изучения вопроса о судьбе антиматерии. JARA-FAME включает все институты FZJ и RWTH; вместе UNIFE и JARA-FAME составляют коллаборацию JEDI. На сегодняшний день, коллаборация включает в себя 132 члена.

## 2 Финансирование

Затраты на проект srEDM представлены в следующей таблице:



## Заключение

На данный момент, в исследовательской программе CERN планируется пауза на десять лет [в связи с анализом данных по Хиггсу?]. В связи с этим рассматривается список задач фундаментальной физики, которыми можно было бы заняться в это время. Среди приоритетных задач этого списка — поиск ЭДМ.

Поскольку протонное кольцо можно сделать полностью электростатическим (позволяет величина  $G$ ), в то время как дейтронное принципиально требует магнитные элементы, если ЦЕРН решит заняться поиском ЭДМ, вероятнее всего будет построено протонное кольцо.

## Список литературы

- [1] Institute for Nuclear Physics, IKP-2: Experimental Hadron Dynamics. [http://www.fz-juelich.de/ikp/ikp-2/EN/Forschung/JEDI/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/ikp/ikp-2/EN/Forschung/JEDI/_node.html)
- [2] Ströher, H. Пресс-конференция. <https://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Videos/PORTAL/EN/erc/erc-grant-stroeher.html>
- [3] Lenisa, P., Pretz, J., Ströher, H. (2016). Storage ring steps up search for electric dipole moments. *CERN Courier*. <http://cerncourier.com/cws/article/cern/65816>
- [4] Rathmann, F. Application for an ERC Advanced Grant 2012. [http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/public\\_files/proposals/merged\\_document.pdf](http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/public_files/proposals/merged_document.pdf)
- [5] Ströher, H., Search for Electric Dipole Moments using Storage Rings, Horizon 2020 proposal, Excellence Science Call: ERC-2015-AdG. [http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/public\\_files/proposals/Proposal-SEP-210276270.pdf](http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/public_files/proposals/Proposal-SEP-210276270.pdf)
- [6] JEDI Collaboration. <http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/index.shtml>
- [7] D. Anastassopoulos, V. Anastassopoulos, D. Babusci. AGS Proposal: Search for a permanent electric dipole moment of the deuteron nucleus at the  $10^{-29} e \cdot cm$  level. [Internet]. BNL; 2008 [cited 2016 Nov 25]. Available from: [https://www.bnl.gov/edm/files/pdf/deuteron\\_proposal\\_080423\\_final.pdf](https://www.bnl.gov/edm/files/pdf/deuteron_proposal_080423_final.pdf)
- [8] Yuriy Senichev. Search for the Charged Particle Electric Dipole Moments in Storage Rings. In: 25th Russian Particle Accelerator Conf(RuPAC'16), St Petersburg, Russia, November 21-25, 2016 [Internet]. JACOW, Geneva, Switzerland; 2017 [cited 2017 Apr 5]. p. 6–10. Available from: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/ruvac2016/papers/mozmh03.pdf>

Cost Category			Total in Euro			
			JÜLICH	RWTH	UNIFE	Total
Direct Costs <sup>1</sup>	Personnel	PI	193456			193456
		Senior Staff				
		Postdocs	619060	447127	376528	1442715
		Students				
		Other				
	i. Total Direct costs for Personnel (in Euro)		812516	447127	376528	1636171
	Travel		30000	30000	60000	120000
	Equipment					
	Other goods and services	Consumables	60000	60000	60000	180000
		Publications (including Open Access fees), etc.				
		Other: Audits	6000	6000	6000	18000
		Other: Workshops	20000			20000
	ii. Total Other Direct Costs (in Euro)		116000	96000	126000	338000
A – Total Direct Costs (i + ii) (in Euro)			928516	543127	502528	1974171
B – Indirect Costs (overheads) 25% of Direct Costs (in Euro)			232128	135782	125632	493542
C1 – Subcontracting Costs (no overheads) (in Euro)			0	0	0	
C2 – Other Direct Costs with no overheads (in Euro)			0	0	0	
Total Estimated Eligible Costs (A + B + C) (in Euro)			1160644	678909	628160	2467713
Total Requested Grant (in Euro)			1160644	678909	628160	2467713