

## ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА НА ХАРЬКОВСКОМ СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ УСКОРИТЕЛЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЭНЕРГИЮ ДО 730 МэВ (ПРОЕКТ "SALO")

**В. Б. Ганенко, А. Ю. Корчин, В. В. Котляр**

*Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт", Харьков, Украина*

Рассмотрены перспективные направления фундаментальных исследований по ядерной физике в области промежуточных энергий, которые могут выполняться на электронном ускорителе, который предлагается создать в Харьковском физико-техническом институте.

### 1. Введение

Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт" (ННЦ ХФТИ) является крупнейшим научным центром Украины. Исследования, проводимые в институте, охватывают практически все направления современной физики: материаловедение, физика плазмы, физика ускорителей и новых методов ускорения, ядерная физика и физика элементарных частиц, теоретическая физика. Такая концентрация исследований практически по всем направлениям современной физики в стенах одного научного центра делает его уникальным не только в Украине, но и за ее пределами.

Базой для фундаментальных и прикладных исследований в институте являлись уникальные для своего времени ускорительные установки, начиная от ускорителей Ван-де-Граафа на энергию ускоренных частиц до 2 - 3 МэВ и до крупнейших на тот час линейных ускорителей электронов ЛУ-2000 на энергию до 2 ГэВ и ЛУ-300 на энергию до 300 МэВ. На этих установках до их останова в 1993 г. были проведены широкие исследования по изучению структуры ядер, механизмов фотоядерных реакций, взаимодействия излучения с веществом [1]. За годы исследований сформировался коллектив высококвалифицированных специалистов по ядерной физике и физике ускорителей.

В настоящее время исследования в области ядерной физики по-прежнему являются актуальными как с точки зрения поиска ответа на фундаментальные вопросы о структуре и эволюции материи, так и с точки зрения практического использования результатов фундаментальных исследований в различных областях науки и техники [2]. Важность этих исследований для практики в первую очередь связана с проблемами научного сопровождения ядерной энергетики, поиска новых источников энергии и новых принципов ее получения. Для Украины, с ее небольшими запасами энергетических ресурсов органического происхождения, эта проблема имеет первостепенное значение. Без прокладывающих путь фундаментальных исследований полноценное сопровождение ядерной энергетики невозможно.

Базой для фундаментальных ядерно-физических исследований должна быть ускорительная установка нового поколения. Согласно решению ученого совета института физики высоких энергий и ядерной физики ННЦ ХФТИ в последнее время была выполнена работа по выбору соответствующей ускорительной установки [3, 4] на энергию до 730 МэВ и начата работа по формированию программы научных исследований [5, 6]. В предлагаемом варианте установка обеспечивает возможность получения непрерывных пучков как неполяризованных, так и поляризованных электронов и фотонов, что позволит проводить на высоком уровне исследования как по фундаментальным, так и прикладным программам в области физики промежуточных энергий, взаимодействия излучения с веществом, разработки интенсивных источников электромагнитного излучения. Большим преимуществом данного проекта является создание управляемого электронным пучком достаточно интенсивного источника нейтронов, что позволит проводить исследования в области фундаментальной и прикладной нейтронной физики.

В работе рассмотрены направления фундаментальных исследований в области ядерной физики промежуточных энергий с электромагнитными зондами, которые, по мнению авторов, являются в ближайшие 10 - 15 лет перспективными и могут быть положены в основу программы исследований на предполагаемой установке. Также приводятся эксперименты, которые могут быть реализованы на первом этапе работы установки.

### 2. Современные направления исследований в области ядерной физики

Физика элементарных частиц и атомного ядра изучает глубинные структуры окружающего нас материального мира, который самоорганизуется и существует в виде последовательной иерархии вложенных структур (микрообъектов): атомы, ядра, адроны, кварки. Каждая из структур обладает

характерным пространственным масштабом и существует в свободном состоянии при определенной плотности энергии. Изменение величины плотности энергии приводит к переходу вещества на иной структурный уровень. Окончательна ли данная последовательность вложенных микрообъектов или имеются еще более глубокие уровни материи, изучение их структуры и взаимодействия является целью и стимулом фундаментальных исследований, необходимым условием для построения реальной картины эволюции Вселенной.

Теоретической базой для объяснения строения вещества в настоящее время является стандартная модель (СМ), включающая теорию слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий. В основе минимального варианта СМ лежат два семейства фундаментальных фермионов (лептоны и кварки), каждое из которых состоит из трех поколений частиц и совокупности частиц (бозонов) – переносчиков взаимодействий (фотон, 8 глюонов, три промежуточных бозона и скалярный бозон Хиггса).

В настоящее время стандартная модель объясняет и описывает всю совокупность известных экспериментальных и наблюдательных данных о микромире в пределах точности этих данных и теоретических расчетов, но ее построение еще не завершено. Во-первых, не все фундаментальные положения СМ подтверждены надежными экспериментальными данными, в частности пока нет экспериментального подтверждения существования хиггсовского бозона. Во-вторых, наиболее разработана и проверена экспериментально только электрослабая часть СМ, в особенности квантовая электродинамика (КЭД), теоретические предсказания которой имеют высокую точность и наиболее точно проверены экспериментально. Другую часть СМ, теорию сильных взаимодействий – квантовую хромодинамику (КХД) – еще нельзя считать завершенной. Нерешенной проблемой КХД остается, например, проблема конфайнмента. Эта часть СМ требует более тщательной экспериментальной проверки, в перспективе на уровне точности тестирования электрослабой теории.

Особенностью современного этапа развития фундаментальной физики и СМ является то, что, несмотря на бесспорные успехи СМ, с одной стороны, и ее незавершенность, с другой, уже исследуются границы ее применимости и ищутся факты проявления новой физики. Такие поиски проводятся как в области сверхвысоких, так и низких энергий. Наиболее интригующие вопросы, выходящие за пределы СМ – это иерархия масс и число поколений фундаментальных фермионов, происхождение наблюдаемого нарушения дискретных симметрий – четности (P), обращения времени (T) и комбинированной четности (CP) в процессах слабого взаимодействия. Особенно большой интерес вызывает проблема нарушения CP-четности, поскольку она может иметь отношение к наблюдаемой асимметрии вещества и антивещества во Вселенной. Ответы на эти вопросы, возможно, будут получены в одной из новых моделей, таких как суперсимметрия, супергравитация, теория струн. Ядерно-физические эксперименты в области промежуточных энергий могут обеспечить критерии выбора между этими моделями.

Фундаментальность проблем, стоящих перед физической наукой и их важность для развития земной цивилизации осознаются руководящими элитами экономически развитых стран. Так, в странах ЕС создан специальный экспертный комитет Европейской комиссии по сотрудничеству в области ядерной физики (Nuclear Physics European Collaboration Committee - NuPECC), который осуществляет постоянный мониторинг состояния фундаментальных исследований. В задачи его также входят определение ключевых направлений развития фундаментальных исследований на ближайшую и отдаленную перспективу, разработка стратегии и планов их оптимального развития и выдача рекомендаций по финансовой поддержке (см., например, отчет NuPECC [2]). При этом одним из наиболее значимых стимулов для финансирования и поддержки приоритетных направлений фундаментальных исследований, кроме чисто научного аспекта, являются надежды на практическое использование результатов исследований и выполненных при этом технических разработок, во-первых, для решения глобальных проблем, вставших перед человечеством (экологических, энергетических и т.д.), и, во-вторых, возможность получения технологических преимуществ и сверхприбыли от быстрого внедрения результатов исследований в экономику.

Анализ состояния и перспектив развития фундаментальной ядерной физики позволяет выделить несколько направлений исследований, которые будут актуальны в ближайшие 10 - 20 лет.

## 2.1. Проверка и развитие стандартной модели и поиск новой физики

В задачи данного направления входит:

**Проверка постулатов, лежащих в основе СМ, фундаментальных взаимодействий и симметрий.** Планируется провести точные измерения фундаментальных констант в экспериментах по измерению лэмбовского сдвига для широкого класса водородоподобных систем: мюония, пиония и водо-

родо-подобных адронных атомов протона и более тяжелых элементов. Фундаментальное значение имеет поиск нарушения Т-инвариантности и измерение ее величины. Одним из процессов, где предполагается проводить поиски нарушения Т-инвариантности является  $\beta$ -распад нейтрона и ядер.

**Развитие КХД подходов в области промежуточных и низких энергий.** В последние годы, развиты подходы, основанные на КХД, например киральная теория возмущений (ChPT), позволяющие проводить теоретические расчеты и в непертурбативной области, где они могут быть с высокой точностью проверены экспериментально. Это дает возможность реализовать фундаментальную цель ядерной физики - описывать свойства нуклонов и ядер, а также их взаимодействия на основе единой КХД теории.

**Изучение нарушения киральной симметрии.** Киральная симметрия - фундаментальный принцип, лежащий в основе ChPT и других эффективных КХД теорий, приводящий к формированию наблюдаемого спектра масс адронов. Понимание механизмов нарушения киральной симметрии может быть получено из изучения характеристик спектра масс адронов и исследования изменений этих характеристик в ядерных системах.

**Поиск предсказуемых КХД экзотических адронных состояний (дибарионов, глюболов, и т.д.).** Подтверждение или опровержение их существования будет одним из критических тестов КХД.

## 2.2. Ядерная астрофизика

К сфере интересов ядерной астрофизики относятся вопросы происхождения и образования химических элементов, природа и источники звездной энергии, эволюция звезд и Вселенной. Решение этих проблем основано на экспериментальной информации о структуре и взаимодействии ядер, получаемой в земных лабораториях. Важнейшими задачами в этой области являются получение данных о скоростях ядерных реакций, протекающих в звездах, измерение сечений нейтронного захвата и периодов распада образующихся нейтронно-избыточных и нестабильных ядер для цепочек s- и r-процессов.

В данном направлении намечаются обширные исследования, которые послужат фундаментом для создания реальной картины звездной эволюции и сценариев развития Вселенной на основе ядерной теории, построенной на принципах КХД. На этом пути можно ожидать новых фундаментальных открытий и практических приложений.

## 2.3. Исследование состояний и фазовых переходов ядерной материи

Это перспективное направление возникло сравнительно недавно. В основе его лежит фундаментальный принцип воспроизводимости эволюции, а именно при повышении плотности энергии возникает соответствующее состояние эволюции и далее этот отрезок эволюции локально повторяется. Поэтому в лабораторных условиях можно воспроизвести и исследовать состояния материи на разных этапах эволюции Вселенной вплоть до нескольких микросекунд после Большого взрыва, изучать закономерности фазовых переходов от состояния очень "горячей" Вселенной до сравнительно "холодного" состояния настоящего времени. Происходящие при этом процессы определяются свойствами адронов, какие они приобретают в ядерной среде, которая может сама приобретать новые свойства, как, например, в центре нейтронных звезд. Для понимания и описания этих явлений необходима информация о модификации свойств адронов (нуклонов, мезонов, резонансов) в ядерной среде и хорошо проверенная низкоэнергетическая КХД теория (ChPT). Информация об этом может быть получена в экспериментах с электромагнитными зондами при промежуточных энергиях.

Таким образом, стоящие перед ядерной физикой задачи связаны с фундаментальными проблемами, решение которых будет иметь большое влияние на будущее развитие цивилизации, а также на многочисленные приложения во многих областях науки и техники. Исходя из этого, можно ожидать в ближайшем будущем постановки многочисленных экспериментов как в области сверхвысоких, так и низких энергий, во всех перечисленных выше областях. На это, в частности, указывает новый амбициозный проект FIAR [7], реализуемый странами ЕС.

## 3. Фундаментальные исследования на предполагаемой установке

Параметры предполагаемой установки приведены ниже. При оснащении ускорителя источником поляризованных электронов, создании на одной из пучковых линий системы мечения фотонов, получении линейно и циркулярно поляризованных фотонов, предполагаемая установка по своим параметрам

рам и совокупности предоставляемых возможностей выходит на уровень лучших современных установок такого типа и сможет обеспечить проведение экспериментов как с фотонными, так и с электронными пучками на мировом уровне. При развитии необходимой инфраструктуры для экспериментов с нейтронами, направления исследований, которые могут быть развиты в русле означенных выше мировых тенденций, будут нацелены на: прецизионную проверку и развитие ChPT; изучение структуры адронов в ядерной материи; проверку фундаментальных симметрий и поиск новой физики за рамками СМ; исследования в области ядерной астрофизики. Они будут включать:

высокоточные эксперименты с электромагнитными зондами в промежуточной области энергий, которые могут внести вклад в проверку КХД и ее предсказаний, и продвижения ее в область низких энергий. В этих экспериментах, в частности, можно исследовать изменение свойств адронов в ядерных системах, спектр масс барионов, возможное проявление новых экзотических резонансов, нарушения P-четности. Необходимым условием для успеха исследований и получения данных, которые будут востребованы, является высокая точность результатов, что может быть достигнуто при высоком качестве параметров пучка и детектирующей аппаратуры;

эксперименты с нейтронами и ядрами (стабильными и радиоактивными) при низких и сверхнизких (внутризвездных) энергиях. Эти эксперименты будут направлены на решение проблем структуры и динамики Вселенной, ядерной астрофизики, структуры, динамики и эволюции звезд и источников звездной энергии. Они могут иметь большой практический выход, в частности для решения проблем ядерной энергетики и новых источников энергии;

эксперименты по изучению  $\beta$ -распада нейтрона и ядер, двойного  $\beta$ -распада, направленные на проверку фундаментальных симметрий и выхода за пределы стандартной модели.

*Основные параметры предполагаемой ускорительной установки [6]:*

Максимальная энергия, МэВ	730
Максимальный ток электронов, мкА	100
Коэффициент заполнения, %	100
Энергетический разброс, %	0,0008 - 0,00176
Эмиттанс на выходе ускорителя, $\pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$	0,0007 - 0,004
Число каналов вывода пучка электронов	3
Пучок электронов:	
энергия, МэВ	240 - 730
поляризация, %	До 80
Пучки фотонов:	
максимальная энергия, МэВ	240...730
линейная поляризация на основе КТИ, %	20...50 (в интервале 20...360 МэВ)
циркулярная поляризация, %	до 80
интенсивность	
тормозной фотонный пучок, экв. квант/с	$\sim 10^{12}$
меченый фотонный пучок, $\gamma/\text{с}/\text{канал}$	$\sim 10^6$
разрешение системы мечения, МэВ	$\sim 1...2$
Источник нейтронов, нейтр./с	$2,9 \cdot 10^{17}$

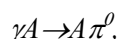
В частности, можно сформулировать следующие эксперименты с электромагнитными зондами (пучками электронов и фотонов) [5].

**Фоторождение одиночных пионов на нуклонах вблизи порога.** Исследование энергетической зависимости асимметрии сечений процессов одиночного рождения пионов на протоне и нейтроне вблизи порога

$$p \rightarrow n\pi^+, \quad n \rightarrow p\pi^-, \quad p \rightarrow p\pi^0, \quad n \rightarrow n\pi^0,$$

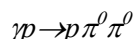
на линейно-поляризованном пучке фотонов и на поляризованной мишени. Целью экспериментов является определения величины  $S$  и  $P$ -волновых амплитуд фотообразования пионов на нуклонах в этой области энергий с точностью 1 - 2 %, а также определения их зависимости от энергии. Данные исследования позволят исследовать эффект нарушения фундаментальных симметрий: во-первых, изоспиновой симметрии, связанное с различием масс  $u$ - и  $d$ -кварков, а также определить соотношение их масс и сами массы; во-вторых, исследовать степень нарушения киральной симметрии.

**Фоторождение нейтральных пионов на ядрах вблизи порога.** Исследование энергетической зависимости асимметрии сечений процессов одиночного рождения нейтральных пионов на ядрах вблизи порога на линейно поляризованных фотонах



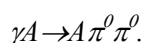
открывают уникальные возможности для изучения влияния ядерной среды на свойства адронов и их взаимодействий.

**Двойное фоторождение нейтральных пионов на протоне вблизи порога.** Измерение энергетической зависимости сечения и асимметрии сечений реакции



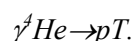
вблизи порога. Целью эксперимента является изучение  $\pi\pi$ -взаимодействия и проверка ChPT теории.

**Двойное фоторождение нейтральных пионов на ядрах вблизи порога.** Измерение энергетической зависимости сечения и асимметрии сечений реакции парного образования нейтральных пионов на ядрах вблизи порога



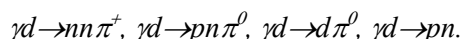
Целью эксперимента является изучение модификации  $\pi\pi$ -взаимодействия в ядерном веществе и исследование восстановления киральной симметрии.

**Фотообразование  $\eta$ -ядер.** Измерение сечения образования  $\eta$ - ядер  $T_\eta$  в реакции



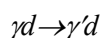
Целью эксперимента является изучение свойств  $\eta$ -ядер и взаимодействия  $\eta$ -мезонов с нуклонами и резонансами в ядерной среде.

**Детальное изучение свойств дейтрона и механизмов фотоядерных реакций на дейтронной мишени.** Прецизионные измерения сечения и асимметрии процессов фоторождения пионов на дейтроне и расщепления дейтрона

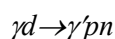


Целью экспериментов является изучение свойств дейтрона и механизмов фотоядерных реакций на дейтроне, получение экспериментальной базы данных для построения теоретических моделей и подходов для учета вклада пионных обменов, поправок на ВКС нуклонов и пиона. Это позволит обеспечить высокую точность извлечения информации о процессах на нейтроне.

**Исследование когерентного и некогерентного комптоновского рассеяния фотонов на дейтроне.** Исследование энергетической зависимости сечения и асимметрии сечений процессов когерентного

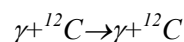
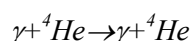


и некогерентного



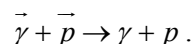
комптоновского рассеяния на дейтроне. Целью эксперимента является измерение величины магнитной поляризуемости нейтрона с точностью на уровне не хуже 5 %.

**Исследование комптоновского рассеяния фотонов на ядрах  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$ .** В данном эксперименте предполагается измерить дифференциальные сечения ( $d\sigma/d\Omega$ ) и асимметрию ( $\Sigma$ ) сечений комптоновского рассеяния на ядрах  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$ ,



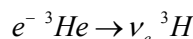
на линейно поляризованном пучке фотонов с целью изучения модификации свойств  $\Delta$ -резонанса в ядре, получения информации о поляризуемости нуклонов в ядерной материи, а также сведений о ядерных динамических поляризуемостях.

**Исследование спиновых поляризуемостей нуклона.** Измерение энергетической зависимости сечения и асимметрии сечений комптоновского рассеяния на протоне на линейно поляризованном пучке фотонов и на поляризованной протонной мишени



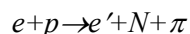
Эксперимент нацелен на получение информации о спиновых поляризуемостях протона  $\gamma_{M1}^{(s)}$ ,  $\gamma_{E2}^{(s)}$ ,  $\gamma_{M2}^{(s)}$ ,  $\gamma_{E1}^{(v)}$ ,  $\gamma_{M1}^{(v)}$ ,  $\gamma_{E2}^{(v)}$ ,  $\gamma_{M2}^{(v)}$ .

**Исследование векторных и аксиально-векторных формфакторов связанного состояния  $3N$ -системы в реакции  $e^{-} {}^3\text{He} \rightarrow \nu_e {}^3\text{H}$ .** Измерение угловых распределений ядер трития в реакции



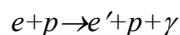
при промежуточных энергиях. Целью эксперимента является получение данных о векторных  $F_V$ ,  $F_M$  и аксиально-векторном  $F_A$  формфакторах и проверка предсказаний теории в описании реакции, обусловленной заряженными слабыми токами, при небольших значениях квадратов переданных импульсов.

**Исследование электророждения пионов на протоне вблизи порога.** Изучение электророждения пионов на протоне вблизи порога



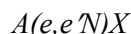
нацелено на измерение зависимости от  $Q^2$  продольной мультипольной амплитуды  $L_{0+}$  в реакции фоторождения пионов на протоне. Эта амплитуда является практически неисследованной величиной и позволит проверить предсказания ChPT и определить НЭК в кинематической области, недоступной для экспериментов с реальными фотонами.

**Исследование виртуального комптоновского рассеяния на протоне.** Эксперимент предполагает измерение процесса виртуального комптоновского рассеяния на протоне



поляризованных электронов с регистрацией поляризации нуклона отдачи либо на поляризованной протонной мишени. Цель эксперимента получить информацию о  $Q^2$  зависимости обобщенных поляризуемостей протона  $P^{(R'L,RL)S}(Q^2)$ .

**Исследование сечений и поляризации нуклонов в реакции электрорасщепления дейтрона и легчайших ядер.** Цель эксперимента – изучение реакций



в условиях, когда нуклоны детектируются под задними углами (в кумулятивной области), исследование механизма перераспределения нуклонов в конечном состоянии, механизма отдачи, МОТ, внеэнергетических (или немассовых) эффектов.

**Фото- и электророждение заряженных пионов на дейтроне.** Цель экспериментов –  $\gamma d \rightarrow \pi^+ nn$  и  $\gamma d \rightarrow \pi^0 pn$  – исследование интерференции механизмов перераспределения  $\pi^+ nn \rightarrow \pi^+ nn$  и  $\pi^0 pn \rightarrow \pi^+ nn$  в конечном состоянии в области  $\Delta(1232)$  резонанса и проверка гипотезы зарядовой независимости ядерных сил.

Кроме того, предполагаемая установка может обеспечить широкий круг прикладных исследований, как с использованием электронных и фотонных пучков, так и пучков нейтронов: во-первых, исследований взаимодействия излучения с веществом и создания новых источников гамма-излучения для фундаментальных и прикладных исследований, а также практического использования; во-вторых, нейтронный источник на основе подкритической сборки обеспечит достаточно интенсивные потоки нейтронов для исследований, связанных с развитием ядерной энергетики и новых источников энергии, обращения с радиоактивными отходами, контролем их радионуклидного состава и присутствия в них делящегося материала, разработкой методов трансмутации опасных радионуклидов и наработки радиоактивных изотопов.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Problems of Atomic Science and Technology. Series: Nuclear Physics Investigations.* - 2003. - No. 2. - 160 p.
2. *NuPECC Long Range Plan 2004: Perspectives for Nuclear Physics Research in Europe in the Coming Decade and Beyond / Ed. by M. Harakeh, D. Guerreau, W. Henning et al. Sponsored by CEC under Contract Nr. HPRI-CT-1999-40004.*
3. *Аркатов Ю.М. и др. Базовая ускорительная установка НИЦ ХФТИ по ядерной физике и физике высоких энергий: The "SALO" project.* - Харьков: НИЦ ХФТИ, 2004. - 94 с.
4. *Arkatov Yu.M. et al. "SALO" project.* - Kharkov: NNC KIPT, 2005. - 104 p.
5. *Ganenko V.B. et al. Perspective directions of experimental researches on fundamental physics at intermediate energies on the proposed 730 MeV linear electron accelerator NSC KIPT // Problems of Atomic Science and Technology. Series: Nuclear Physics Investigations.* - 2004. - No. 5. - P. 164 - 168.
6. *Фундаментальные и прикладные исследования на линейном ускорителе-рециркуляторе электронов с энергией до 730 МэВ: Проект SALO.* - Харьков: НИЦ ХФТИ, 2006. - 116 с.
7. *Nuclear Physics News.* - 2006. - Vol. 16, No. 1. - 40 p.

### **FUNDAMENTAL PHYSICS ON KHARKOV SUPERCONDUCTING ELECTRON ACCELERATOR ON ENERGY UP TO 730 MeV (PROJECT "SALO")**

**V. B. Ganenko, A. Yu. Korchin, V. V. Kotljars**

It is coincided perspective directions in fundamental nuclear physic investigations at intermediate energies, which could be performed on electron accelerator to be proposed at Kharkov Institute of Physics and Technology.

### **ФУНДАМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА НА ХАРКІВСЬКОМУ НАДПРОВІДНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОНІВ НА ЕНЕРГІЮ ДО 730 MeV (ПРОЕКТ "SALO")**

**В. Б. Ганенко, О. Ю. Корчин, В. В. Котляр**

Розглянуто перспективні напрямки фундаментальних досліджень у галузі ядерної фізики в області проміжних енергій, які можливо розвинути на електронному прискорювачі, що пропонується створити в харківському фізико-технічному інституті.