

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ П.А. ЧЕРЕНКОВА

Излучение Черенкова как феномен неожиданных открытий

С.Г. Кадменский

Представлена краткая информация о воронежском периоде жизни лауреата Нобелевской премии по физике П.А. Черенкова, включающем время его школьного (село Новая Чигла) и вузовского (Воронежский государственный университет) образования. Описана история неожиданного открытия излучения Черенкова и рассмотрено его значение для современной науки. Обсуждены возможные современные подходы для объяснения ряда других неожиданных результатов экспериментальных работ по нетермоядерным реакциям слияния лёгких ядер под действием электронных пучков, а также лазерных и гамма-облучений без использования концепции "холодного ядерного синтеза".

Ключевые слова: Новая Чигла, Воронежский государственный университет, излучение Черенкова, Нобелевская премия, неожиданные открытия, слияние лёгких ядер, нейтроний

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g, 25.60.Pj

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201505g.0507

Содержание

1. Введение (507).
 2. Воронежский период жизни П.А. Черенкова (509).
 3. История открытия излучения Вавилова – Черенкова (509).
 4. Роль неожиданных открытий в науке (512).
 5. Проблемы описания низкоэнергетических реакций синтеза с участием лёгких изотопов водорода (512).
 6. Заключение (513).
- Список литературы (514).

1. Введение

В центре Воронежа находится Воронежский государственный университет, в котором учился первый российский лауреат Нобелевской премии по физике (1958 г.) Павел Алексеевич Черенков (фото 1).

Невдалеке от университета расположен Литературный музей, рядом с которым стоит памятник лауреату Нобелевской премии по литературе 1933 года Ивану Алексеевичу Бунину (фото 2). И немного дальше находится средняя школа имени лауреата Нобелевской премии по физике 1964 года Николая Геннадиевича Басова (фото 3).



Фото 1. Павел Алексеевич Черенков, лауреат Нобелевской премии по физике 1958 года.

С.Г. Кадменский. Воронежский государственный университет,
Университетская пл. 1, 394006 Воронеж,
Российская Федерация
E-mail: kadmensky@phys.vsu.ru

Статья поступила 1 января 2015 г.

Таким образом, Воронежская область — родина трёх российских лауреатов Нобелевской премии. При этом поразительно, что Воронеж — единственный из городов России, помимо Москвы и Санкт-Петербурга, является родиной сразу трёх Нобелевских лауреатов.



Фото 2. Иван Алексеевич Бунин, лауреат Нобелевской премии по литературе 1933 года.



Фото 3. Николай Геннадиевич Басов, лауреат Нобелевской премии по физике 1964 года.



Фото 4. Выпускники школы села Новая Чигла (1924 год). П.А. Черенков — третий справа во втором ряду. Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.



Фото 5. В физическом кабинете Воронежского государственного университета. П.А. Черенков — шестой слева. Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.

2. Воронежский период жизни П.А. Черенкова

Павел Алексеевич Черенков родился 28 июля 1904 г. в достаточно крепкой крестьянской семье в селе Новая Чигла, расположенном примерно в 150 километрах от Воронежа. Его отец Алексей Егорович Черенков принадлежал [1] к числу тех наиболее талантливых из 150 миллионов русских крестьян, которые смогли, имея за спиной четыре класса церковно-приходской школы, получить офицерские погоны к концу Первой мировой войны.

Из-за Гражданской войны школьный период жизни Павла Черенкова растянулся до его 20-летия, включив в себя несколько этапов: окончание церковно-приходской школы, затем работа чернорабочим, конторщиком и, наконец, учёба в школе-гимназии, переведённой из города Боброва (фото 4).

В 1924 году В.И. Вернадский, находясь в Париже, писал своему другу И.И. Петрункевичу [1]: "Любопытны указания в области точного знания на появление молодых талантов из народной среды. Может быть, в этом — главная возможность возрождения... которое зависит от неизвестных нам законов появления больших личностей". Одним из таких молодых талантов, несомненно, был и П.А. Черенков.

Сразу после окончания школы в 1924 г. Павел Черенков поступил на физико-математическое отделение педагогического факультета Воронежского государственного университета (ВГУ) (фото 5). Этот университет был образован в 1918 г. декретом В.И. Ленина как продолжатель эвакуированного в Воронеж (из-за угрозы наступления в Прибалтике немецких войск) одного из старейших российских университетов — Дерптского (Юрьевского) университета, открытого по указу императора Александра I в 1802 г. Коллектив Воронежского государственного

университета осенью 1918 г. состоял из 21 профессора, 3 доцентов и более 20 преподавателей и ассистентов, среди которых были такие известные учёные, как медики Н.Н. Бурденко, И.В. Георгиевский, математики В.Г. Алексеев, Н.П. Самбикин, биологи К.К. Сент-Илер, М.С. Цвет, геологи В.Е. Тарасенко, Н.Н. Боголюбов и др.

Студент П.А. Черенков отличался исключительной работоспособностью и огромным желанием получать новые знания. Известно [1], что у него были большие математические способности, позволившие ему сблизиться с одним из ведущих математиков ВГУ — профессором Н.П. Самбикиным. П.А. Черенков занимался в университете также общественной работой (фото 6, 7).

3. История открытия излучения Вавилова – Черенкова

После окончания университета П.А. Черенков работал учителем в городе Козлове (ныне Мичуринск) (фото 8, 9). В 1930 г. он прошёл собеседование (о проведении которого узнал, прочитав объявление в газете) в Ленинградском физико-математическом институте АН и был зачислен в аспирантуру этого института. В 1931 г. П.А. Черенков женился на Марии Путинцевой, дочери профессора-филолога ВГУ Алексея Михайловича Путинцева, известного литературоведа, создателя в Воронеже музея поэта И.С. Никитина.

В 1932 году начавший работу в Ленинградском физико-математическом институте АН С.И. Вавилов взял на себя руководство П.А. Черенковым и из тем работ, предложенных С.И. Вавиловым своим аспирантам, П.А. Черенкову досталась тема, связанная с исследованием возникновения люминесценции под действием гамма-лучей радия в растворах ураниловых солей.



Фото 6. Правление профсоюзной кассы взаимопомощи при Воронежском государственном университете (2 апреля 1928 года). П.А. Черенков — второй справа в верхнем ряду. Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.

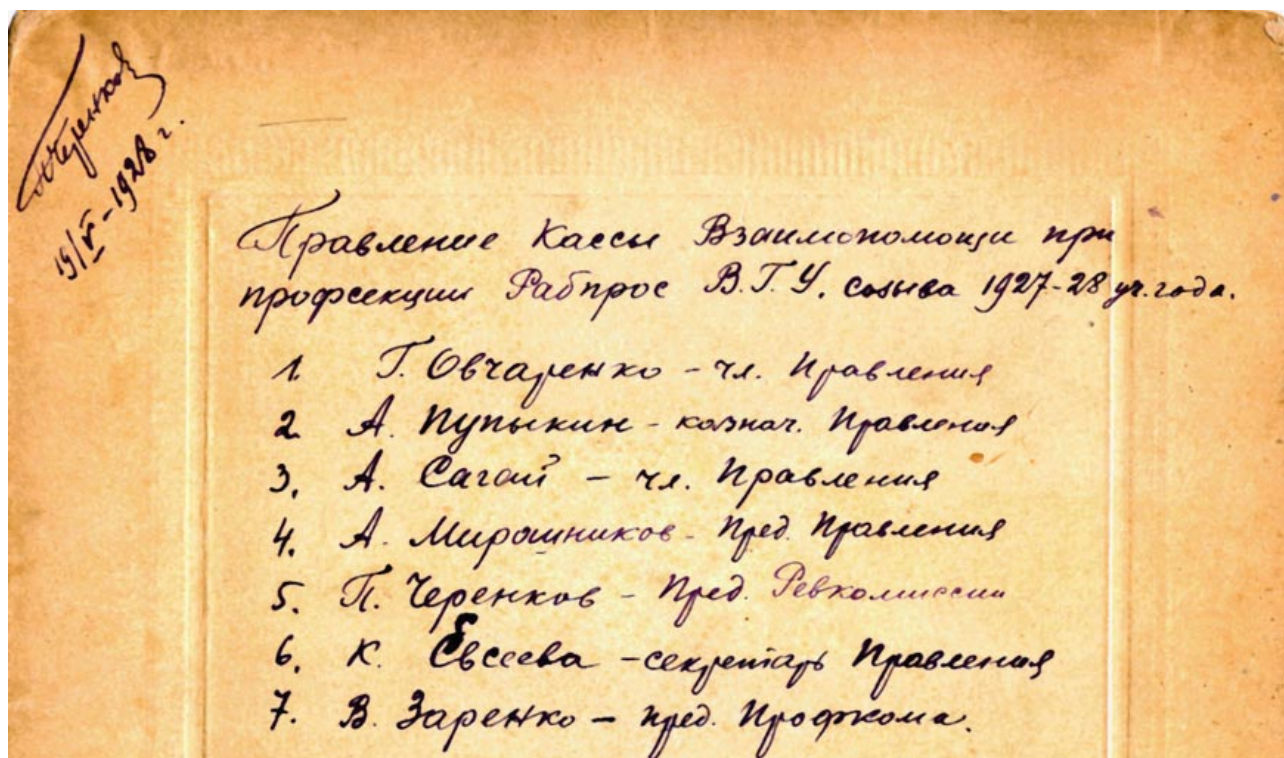


Фото 7. Обратная сторона фотографии с членами правления кассы взаимопомощи при ВГУ. Надпись в левом верхнем углу сделана рукой П.А. Черенкова. Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.



Фото 8. Выпускники 1928 года физико-математического отделения педагогического факультета Воронежского государственного университета. В центре третьего ряда П.А. Черенков.



Фото 9. Мичуринск. Выпускники Воронежского государственного университета. Крайняя слева в первом ряду — Татьяна, сестра П.А. Черенкова, рядом с ней П.А. Черенков. Во втором ряду слева — Мария Алексеевна Путинцева (вышла замуж за П.А. Черенкова в 1931 году), справа — Галина Александровна Зайцева (учившаяся в одной школе с П.А. Черенковым), однокурсница М.А. Путинцевой. Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.

В ходе работы П.А. Черенков обнаружил, что гамма-лучи возбуждали в изучаемом растворе непонятное свечение. И здесь проявились выдающиеся качества

П.А. Черенкова как исследователя. Он не отбросил указанное явление как ложный эффект, а, методически продолжая исследования, доказал, что подобное свече-



Фото 10. П.А. Черенков (1945 год). Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.

ние возникает и в чистой серной кислоте, и в других чистых жидкостях, например в воде. С.И. Вавилов написал в отзыве о своём аспиранте, что во время аспирантуры П.А. Черенков фактически закончил две интересные работы. Первая работа, защищённая в 1935 г. в качестве кандидатской диссертации, дала ключ к пониманию люминесценции под действием жёсткой радиации. Вторая работа содержала в себе неожиданное открытие нового явления [2, 3], которое не предсказывалось существующими теориями.

В 1936 г. П.А. Черенков переехал в Москву и продолжил исследования в Физическом институте Академии наук СССР (ФИАН). Поместив исследуемые жидкости в магнитное поле, он обнаружил [4] пространственную анизотропию нового излучения, что имело решающее значение для выяснения его истинной природы.

Теория этого явления, разработанная в 1937 г. замечательными физиками-теоретиками И.Е. Таммом и И.М. Франком [5] на основе классической электродинамики, объяснила, что обнаруженное в работах П.А. Черенкова свечение определяется излучением электронов, движущихся в оптически прозрачной среде с постоянной скоростью, большей фазовой скорости света в среде.

В 1937–1940 гг. П.А. Черенков экспериментально подтвердил [6] все вытекающие из теории Тамма–Франка закономерности. Как сказал Г.С. Ландсберг, эти, ставшие классическими, исследования П.А. Черенкова (фото 10) являются "украшением советской физики".

В 1958 г. П.А. Черенков вместе с И.Е. Таммом и И.М. Франком был награждён Нобелевской премией по физике "за открытие и истолкование эффекта Черенкова"

[6–8]. С.И. Вавилов на одном из семинаров в ФИАНе предлагал называть указанное явление "эффектом Черенкова". Но, учитывая роль, которую сыграл сам С.И. Вавилов в процессе обнаружения и физического понимания указанного явления, у нас в стране этот эффект называют также эффектом Вавилова–Черенкова.

В 1937 г. П.А. Черенков первым высказал [9] поистине революционное соображение о возможности применения открытого излучения для измерения скоростей релятивистских заряженных частиц. Эта идея была реализована [10] при создании различных видов черенковских счётчиков и спектрометров, включая и детекторы RICH (от англ. Ring Image Cherenkov Detectors) европейских физиков Дж. Сегюно и Т. Ипсилантиса, сыгравшие важнейшую роль в открытии антипротонов в 1955 г. и $W^\pm$ -бозонов в 1983 г. В настоящее время черенковские счётчики используются в Швейцарии на Большом адронном коллайдере (БАК) для регистрации различных релятивистских частиц, образующихся при столкновениях встречных пучков протонов с энергиями до 14 ТэВ. Такие же счётчики являются основой для создания крупнейшего в мире телескопа космических лучей в Тункинской долине (Бурятия) для реализации проекта "Гамма-астрономия мульти-ТэВ-ных энергий".

4. Роль неожиданных открытий в науке

Важную роль в формировании новых направлений научного познания играют неожиданные, не предсказанные ранее открытия, к числу которых относится и открытие излучения Вавилова–Черенкова.

Хрестоматийным примером такого открытия является обнаружение французским физиком А. Беккерелем в 1896 г. явления радиоактивности, которое дало толчок к созданию ядерной физики.

Ошеломляющее впечатление на современных физиков произвело в конце XX в. экспериментальное доказательство в астрофизике наличия в нашей Вселенной тёмной материи и тёмной энергии, подтвердившее существенную неполноту современных фундаментальных физических теорий, что, несомненно, является прекрасным стимулом для развития новых физических представлений.

5. Проблемы описания низкоэнергетических реакций синтеза с участием лёгких изотопов водорода

К числу непредсказанных и не объяснённых до сих пор в рамках существующих представлений можно отнести экспериментальные результаты выполненных достаточно авторитетными физиками и опубликованных в серьёзных научных журналах заметного числа работ, в которых было обнаружено протекание низкоэнергетических ядерных реакций с участием лёгких изотопов водорода. Приведём примеры нескольких подобных работ.

И.В. Курчатова в лекции на эпохальной конференции в английском атомном центре в Харуэлле 25 апреля 1956 г. [11] привёл данные по появлению жёсткого рентгеновского излучения и нейтронов при прохождении больших токов в газах, содержащих водород, дейтерий и гелий при низком давлении. Короткие импульсы, вызываемые

нейтронами и рентгеновскими квантами, могут быть точно сфазированы на осциллограммах. При этом оказывается, что они возникают одновременно. Энергия рентгеновских квантов, появляющихся при импульсных электрических процессах в водороде и дейтерии, достигает 300–400 кэВ. Следует отметить, что в тот момент, когда возникают кванты с такой большой энергией, напряжение, приложенное к разрядной трубке, составляет всего лишь 10 кВ. По температурным характеристикам плазмы, формирующейся при газовых электрических разрядах, наблюдаемые ядерные реакции нельзя считать термоядерными.

В работе А.Г. Липсона и др. [12] было показано, что при стимуляции электронным пучком десорбции дейтерия из палладиевой гетероструктуры Pd/PdO:D_x регистрируется с помощью трековых детекторов протекание ядерных реакций, приводящих к появлению протонов и альфа-частиц с энергиями 2,5–2,75 МэВ и 11–16 МэВ соответственно. По мнению авторов [12], если бы кинетическая энергия дейтронов определялась её равновесным значением при температуре, возникающей в окрестности указанной поверхности, то скорость дейтерий-дейтериевой (DD) реакции была бы на пять порядков меньше наблюдаемой экспериментально.

В работе Н.А. Кириченко, А.В. Симакина и Г.А. Шафеева [13] представлены результаты экспериментального исследования влияния лазерного излучения на активность радионуклидов ^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{235}U в тяжёловодном растворе хлорида урана, содержащего также наночастицы золота. Активность радионуклидов в облучённых растворах существенно отличалась от равновесных значений. Авторы [13] интерпретировали свои результаты как доказательство того, что лазерное излучение способно ускорять процессы α -распада ряда радионуклидов. При этом наблюдаемые процессы были органически связаны с наличием в указанном растворе молекул тяжёлой воды, включающих в свой состав ядра дейтерия.

Перечисление подобных по результатам экспериментов можно было бы продолжить.

На основе анализа данных экспериментов можно сделать три вывода. Во-первых, не вызывает сомнений, что во всех случаях наблюдается протекание ядерных реакций с участием лёгких изотопов водорода. Во-вторых, реакции слияния указанных заряженных изотопов, обычно называемые "холодным ядерным синтезом", в принципе не могут быть источником наблюдаемых ядерных реакций, поскольку кинетические энергии этих лёгких изотопов оказываются гораздо меньшими высот кулоновских барьеров, которые им необходимо преодолеть для слияния с ядрами-партнёрами. И в-третьих, использование механизма термоядерного синтеза указанных изотопов водорода для объяснения рассматриваемых ядерных реакций также невозможно ввиду существенной малости температур, возникающих в исследуемых средах, по сравнению с характерными термоядерными температурами.

Общепринятые объяснения результатов указанных экспериментов до сих пор отсутствуют.

Сравнительно недавно один из моих учеников, Ю.Л. Ратис, выдвинул интересную гипотезу (см., например, его работы "Нейтронный катализ реакции слияния ядер в холодном водороде" [14] и «Экспериментальное подтверждение существования нейтроноподобного экзотома "нейтроний"» [15]), которая, по-видимому,

даёт качественное объяснение экспериментальных результатов, упомянутых выше.

Эта гипотеза основана на представлении об образовании в исследуемых реакциях новых квазисвязанных нейтральных частиц, рождение и существование которых обусловлено электрослабыми взаимодействиями, характерными для бета-распада ядер. Указанные частицы вследствие своей нейтральности легко сливаются, как и нейтроны, с атомными ядрами, вызывая протекание различных ядерных реакций.

К подобным частицам Ю.Л. Ратис относит экзотом "нейтроний", представляющий собой обусловленное слабым взаимодействием квазисвязанное состояние пары нейтрона и нейтрино со временем жизни порядка 4×10^{-5} с и отрицательной энергией связи. Нейтроний представляет собой чрезвычайно узкий низколежащий резонанс в сечении упругого электрон-протонного рассеяния при кинетических энергиях электронов в области 10–200 эВ. Этот резонанс из-за его малых ширины и амплитуды невозможно обнаружить в прямом эксперименте по электрон-протонному рассеянию. Наличие третьей частицы при столкновении электрона с атомом водорода приводит к тому, что ширина резонанса в сечении рождения нейтрония при этом столкновении на 14 порядков превышает ширину аналогичного резонанса в упругом ер-рассеянии, так что его свойства можно исследовать экспериментально.

Нейтроний может образовывать связанные состояния с нормальными ядрами. Например, при его взаимодействии с нейтроном возникает экзотом динейтроний с отрицательной энергией связи и временем жизни порядка 10^{-4} с.

На основе своей гипотезы Ю.Л. Ратис качественно объяснил результаты упомянутых выше экспериментов, а также сделал ряд предсказаний, позволяющих использовать новые частицы для получения целого ряда интересных прикладных результатов.

Можно по-разному относиться к рассмотренным выше идеям. Однако не вызывает сомнений необходимость продолжения серьёзных экспериментальных и теоретических исследований для окончательного объяснения природы представленных выше неожиданных результатов.

6. Заключение

Можно считать хорошей традицией присвоение ведущим научно-исследовательским учреждениям России имён выдающихся учёных, что отражено, например, в названиях таких учреждений, как Физический институт РАН им. П.Н. Лебедева, Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, Институт прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша, Институт физических проблем РАН им. П.Л. Капицы, Институт теоретической физики РАН им. Л.Д. Ландау, Институт общей физики РАН им. А.М. Прохорова, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера.

В России также есть вузы, названные в честь выдающихся учёных, например Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королёва и др.

Было бы правильным, если бы среди ведущих вузов страны наконец появились вузы, которые носили бы



Фото 11. П.А. Черенков (1980-е годы). Фотография любезно предоставлена Е.П. Черенковой.

имена российских учёных — лауреатов Нобелевской премии. Коллектив Воронежского государственного университета был бы счастлив, если бы ВГУ получил имя своего выпускника, одного из первых российских физиков, удостоенных Нобелевской премии, Павла Алексеевича Черенкова (фото 11). Заметим, что для этого есть достаточно серьёзные основания.

На 18 факультетах ВГУ обучается более 20 тысяч студентов и 800 российских и зарубежных аспирантов. Выпускники университета работают в 141 стране мира. В нём преподают 308 профессоров — докторов наук и 970 доцентов — кандидатов наук. В Воронежском университете существуют известные школы учёных в области физики, химии, математики, биологии, геологии, филологии и других наук. В разные годы в ВГУ работали такие признанные и на родине, и за рубежом выдающиеся учёные, как Н.Н. Бурденко, Н.П. Дубинин, К.К. Сент-Илер, И.И. Шмальгаузен, М.С. Цвет, В.Э. Регель, М.А. Левитская, Б.М. Козо-Полянский, А.К. Суш-

кевич, М.А. Красносельский, И.Я. Крейн, А.В. Думанский, Л.П. Рапопорт и др.

Воронежский государственный университет входит в первую десятку лучших университетов России.

Поэтому от имени коллектива Воронежского государственного университета я обращаюсь к руководству Президиума РАН, Отделения физических наук РАН и ФИАНа с просьбой поддержать присвоение ВГУ имени выпускника ВГУ лауреата Нобелевской премии по физике П.А. Черенкова.

Список литературы

1. Черенкова Е П *Природа* (7) 3 (2004)
2. Черенков П А "Видимое свечение чистых жидкостей под действием γ -радиации" *ДАН СССР* 2 451 (1934); Cherenkov P A *C.R. Acad. Sci. USSR* 2 451 (1934); Черенков П А *УФН* 93 385 (1967)
3. Вавилов С И "О возможных причинах синего γ -свечения жидкостей" *ДАН СССР* 2 457 (1934); Vavilov S I *C.R. Acad. Sci. USSR* 2 457 (1934); Вавилов С И *УФН* 93 383 (1967)
4. Черенков П А "Влияние магнитного поля на видимое свечение жидкостей, вызываемое γ -лучами" *ДАН СССР* 12 413 (1936); Cherenkov P A *C.R. Acad. Sci. USSR* 12 413 (1937)
5. Тамм И Е, Франк И М "Когерентное излучение быстрого электрона в среде" *ДАН СССР* 14 107 (1937); Tamm I E, Frank I M *C.R. Acad. Sci. USSR* 14 107 (1937); Тамм И Е, Франк И М *УФН* 93 388 (1967)
6. Черенков П А "Излучение частиц сверхсветовой скорости и некоторые применения этого излучения в экспериментальной физике" *УФН* 68 377 (1959); Cherenkov P A "Radiation of particles moving at a velocity exceeding that of light, and some of the possibilities for their use in experimental physics", in *Nobel Lectures, Physics 1942–1962* (Amsterdam: Elsevier, 1964)
7. Тамм И Е "Общие свойства излучения, испускаемого системами, движущимися со сверхсветовыми скоростями, и некоторые приложения к физике плазмы" *УФН* 68 387 (1959); Tamm I E "General characteristics of radiation emitted by systems moving with super-light velocities with some applications to plasma physics", in *Nobel Lectures, Physics 1942–1962* (Amsterdam: Elsevier, 1964)
8. Франк И М "Оптика источников света, движущихся в преломляющих средах" *УФН* 68 397 (1959); Frank I M "Optics of light sources moving in refractive media", in *Nobel Lectures, Physics 1942–1962* (Amsterdam: Elsevier, 1964)
9. Черенков П А "Видимое свечение чистых жидкостей под действием жестких γ -лучей" *ДАН СССР* 14 99 (1937)
10. Балдин А М (Отв. ред.) *Черенковские детекторы и их применение в науке и технике* (М.: Наука, 1990)
11. Курчатов И В "О возможности осуществления термоядерных реакций в электрическом разряде" *Атомная энергия* 1 (3) 65 (1956); Kurchatov I V "The possibility of producing thermonuclear reactions in a gaseous discharge" *Sov. J. Atom. Energy* 1 359 (1956)
12. Липсон А Г и др. *Докл. РАН* 425 621 (2009); Lipson A G et al. *Dokl. Phys.* 54 182 (2009)
13. Kirichenko N A, Simakin A V, Shafeev G A *Phys. Wave Phenomena* 22 81 (2014)
14. Ратис Ю Л *Прикладная физика* (1) 21 (2010)
15. Ратис Ю Л *Инженерная физика* (11) 8 (2014)

Cherenkov radiation as a serendipity phenomenon

S.G. Kadmsky, Voronezh State University, Universitetskaya pl. 1, 394006 Voronezh, Russian Federation
E-mail: kadmsky@phys.vsu.ru

A brief account is given of P.A. Cherenkov's Voronezh years, a period during which the future Nobel Laureate in Physics attended a school (in a near-Voronezh village of Novaya Chigla) and studied at Voronezh State University. The history of the serendipitous discovery of radiation which was to be named after him is described and its importance for modern science is discussed. Possible modern approaches are considered to explaining — without using the concept of "cold nuclear synthesis" — some other unexpected experimental results on the nonthermonuclear fusion of light nuclei stimulated by electron beams and by laser and gamma radiation.

Keywords: Novaya Chigla, Voronezh State University, Cherenkov radiation, Nobel Prize, serendipitous discoveries, fusion reactions, neutronium

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g, 25.60.Pj

Bibliography — 15 references

Uspekhi Fizicheskikh Nauk 185 (5) 507–514 (2015)

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201505g.0507

Received 1 January 2015

Physics – Uspekhi 58 (5) (2015)