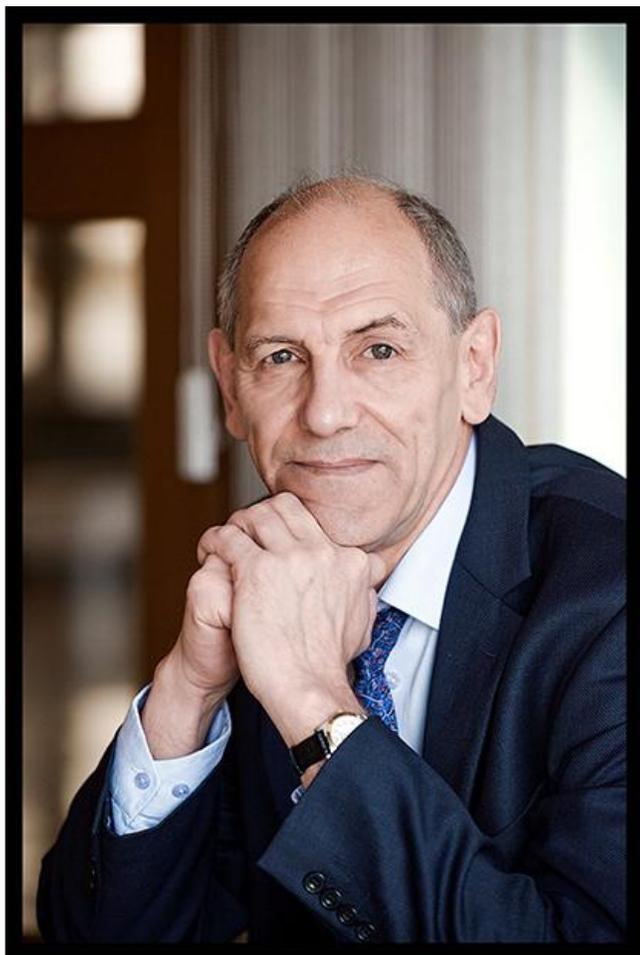


Мемориальная сессия памяти В.А. Рубакова



Валерий Анатольевич Рубаков
16.02.1955 – 19.10.2022

9 октября на 68-м году жизни ушел из жизни академик Валерий Анатольевич Рубаков – выдающийся ученый, один из ведущих мировых специалистов в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и космологии, крупный организатор фундаментальных научных исследований и международного научного сотрудничества, непревзойденный воспитатель талантливой научной молодежи, создавший свою собственную пользующуюся всемирной известностью научную школу, являвший всем пример бескомпромиссной принципиальности и научной честности в мужественной борьбе с лженаукой и лжепророками, обладавший глубочайшим уважением и непререкаемым авторитетом в российском и мировом научном сообществе.



Валерий Анатольевич Рубаков

(к 70-летию со дня рождения)

В.А. Матвеев

при участии Д.С. Горбунова, М.В. Либанова, С.В. Троицкого

От студенческой скамьи до академика РАН

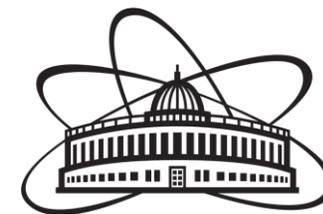
Наиболее известные научные результаты

Научная школа теоретической физики

Личность и ее наследия



Сессия-конференция Секции ядерной физики РАН, 20.02.2025



В. А. Рубаков родился в Москве в 1955 году. Учился в 637-й школе, затем в физико-математической школе № 57. Окончил физический факультет МГУ, защитив в 1978 году дипломную работу на кафедре Н. Н. Боголюбова, выпустившей многих талантливых ученых-теоретиков. После завершения обучения в университете поступил в аспирантуру Института ядерных исследований АН СССР (ИЯИ) и успешно ее закончил.



В 1981 году под руководством Н. В. Красникова и А. Н. Тавхелидзе защитил кандидатскую диссертацию «Структура вакуума в калибровочных моделях квантовой теории поля» и стал младшим научным сотрудником отдела теоретической физики ИЯИ, в котором трудился до сих пор, всю свою жизнь, защитив докторскую диссертацию (1989 г.) и пройдя путь до главного научного сотрудника (1994 г.), действительного члена Российской академии наук (1997 г.)

В. А. Рубаков был автором более 160 научных работ, многие из которых внесли основополагающий вклад в теорию ранней Вселенной, непертурбативную квантовую теорию поля, теорию образования барионной асимметрии Вселенной, квантовую гравитацию и космологию. Его научный стиль органично сочетал глубокое проникновение в суть физических явлений, что позволяло качественно понять и объяснить их, и осуществить тщательный количественный анализ важнейших феноменологических эффектов.

Так уже в первой знаменитой работе по монополюному катализу распада протона (1981г.) был теоретически предсказан качественный физический эффект (распад барионного вещества!) и дано тщательное количественное заключение о возможности и путях его проверки на эксперименте.

Тяжелые магнитные монополи и распад протона: эффект Рубакова

- $SU(5) \rightarrow SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ на масштабе $\Lambda \sim 10^{15} \text{ GeV}$ $\pi_2(G/H) = \mathbb{Z}$

– есть тяжелые X - Y - бозоны, явно нарушающие B , но

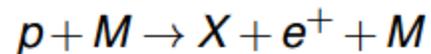
$$\Gamma_{p \rightarrow \dots} \propto \frac{m_p^5}{\Lambda^4} \dots \text{ мало}$$

- Но есть другие решения! Тяжёлые Монополи!

– дальноедействие – магнитное поле, электрическое как индуцированное

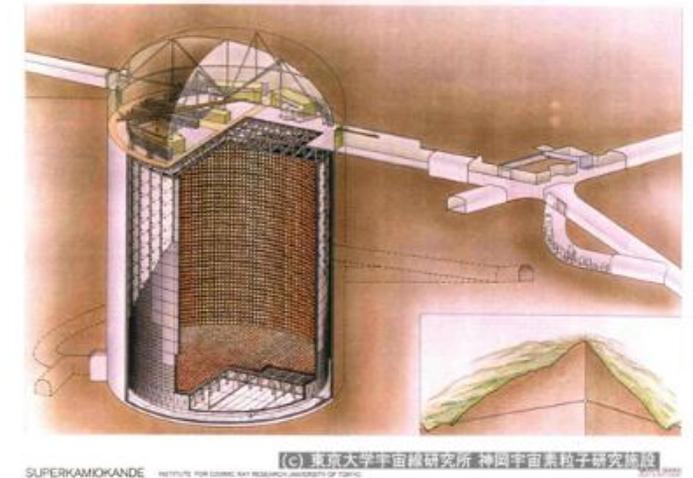
$$\langle M | u(r)u(r)d(r)e^-(r) | M \rangle \propto \frac{1}{r^6}$$

*В.А. Рубаков. Письма ЖЭТФ 33 (1981) 658;
V.A. Rubakov. Nucl. Phys. B 203 (1982) 311*



Сечение такого процесса определяется только размером протона!!

Пролетел – развалил!



Возможность наблюдения распада протона стимулировала развитие экспериментов, давших начало нейтринной физике и астрофизике.



истоки инфляционной теории



В.А.Рубаков стоял у истоков современной инфляционной теории, одним из первых осознав, что изучая Вселенную сегодня и поняв историю её развития, можно узнать новое о физике частиц высоких энергий, пока недоступных прямому экспериментальному наблюдению.

Эту связь иллюстрируют, в частности, и его работа (совместно с М.Сажиным и А.Веряскиным) по рождению гравитационных волн в экспоненциально расширяющейся Вселенной (1982г.) и работы, посвящённые электрослабому несохранению фермионных чисел, в наиболее известной из которых (1985г., совместно с В.А.Кузьминым и М.Е.Шапошниковым) было установлено, что аномальные процессы с изменением барионных и лептонных чисел происходят чрезвычайно быстро в ранней Вселенной. Это открытие является основой электрослабого бариогенезиса и лептогенезиса, позволяющих объяснить барионную асимметрию Вселенной.

Вещество и антивещество во Вселенной: электрослабый бариогенезис

*Kuzmin V.A., Rubakov V.A.,
Shaposhnikov M.E.
Phys.Lett.B 155 (1985) 36*

Условия Сахарова

- **B**-нарушение $(\Delta B \neq 0) \quad XY \dots \rightarrow X'Y' \dots B$
- **C**-
& **CP**-нарушения $(\Delta C \neq 0) \quad \bar{X}\bar{Y} \dots \rightarrow \bar{X}'\bar{Y}' \dots \bar{B}$
 $(\Delta CP = -\Delta T \neq 0) \quad X'Y' \dots B \rightarrow XY \dots$
- эти процессы неравновесны *иначе плотность скомпенсирует темп*



Условия Сахарова успешного бариогенезиса могут быть реализованы в Стандартной модели физики частиц:

- Сфалеронные переходы нарушают барионное число (в теории возмущений это невозможно)
- C & CP симметрии нарушены слабыми процессами
- Неравновесность мог бы обеспечить электрослабый переход



Вещество и антивещество во Вселенной: лептогенезис и нейтринные осцилляции

Условия Сахарова

- B -нарушение, L -нарушение $(\Delta B \neq 0) \quad XY \dots \rightarrow X'Y' \dots B$
- C -
& CP -нарушения $(\Delta C \neq 0) \quad \bar{X}\bar{Y} \dots \rightarrow \bar{X}'\bar{Y}' \dots \bar{B}$
 $(\Delta CP = -\Delta T \neq 0) \quad X'Y' \dots B \rightarrow XY \dots$
- эти процессы неравновесны иначе плотность скомпенсирует темп

*Akhmedov E.Kh., Rubakov V.A., Smirnov A.Yu.
Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 1359*

$$\Delta B = 3\Delta L_e = 3\Delta L_\mu = 3\Delta L_\tau$$

При температурах $100 \text{ ГэВ} \lesssim T \lesssim 10^{12} \text{ ГэВ}$ сохраняются только 3 комбинации, н-р

$$B-L, \quad L_e-L_\mu, \quad L_e-L_\tau$$

где

$$L \equiv L_e + L_\mu + L_\tau$$

Предложен новый механизм генерации барионной асимметрии Вселенной, в котором лептонное число нарушается в осцилляциях стерильных нейтрино, а затем передается обычным нейтрино через юкавские взаимодействия. Барионная асимметрия появляется благодаря непертурбативным эффектам.



ВОПРОСЫ КВАНТОВОЙ ГРАВИТАЦИИ И КОСМОЛОГИИ

Цикл работ В.А. Рубакова 70-80-х гг. посвящён вопросам квантовой гравитации, в частности совместно с П.Г. Тиняковым и Г.В. Лаврелашвили, был разработан метод, позволяющий изучать процессы квантового рождения частиц при изменении пространственной топологии - например, при образовании новых небольших замкнутых Вселенных, отщепляющихся от нашей. Эти процессы могут приводить к тому, что константы связи теории становятся динамическими параметрами, что открывает новые возможности в решении проблемы космологической постоянной, а также к потере квантовой когерентности. Благодаря наличию этих наблюдаемых эффектов можно надеяться в будущем проверить гипотезу о возможности образования "дочерних" Вселенных и получить уникальную информацию о гравитационном взаимодействии в квантовом режиме.

В работах с Д. Григорьевым и М. Шапошниковым в 1988-89 г.г. авторы пришли к пониманию, что при определенных условиях динамические эффекты в квантовой теории поля можно исследовать методами теории классических полей, и на этой основе явно, компьютерным моделированием, продемонстрировали образование солитонных пар и протекание сфалеронных процессов при высоких температурах (с тех пор такой подход стал "общим местом", фольклором).

ЭФФЕКТЫ НЕПЕРТУРБАТИВНОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Большой цикл работ 1990-2000 годов (в соавторстве с С.Хлебниковым, П.Тиняковым, D.Son, Ф.Безруковым, С.Rebbi, Д.Левковым) посвящён изучению непертурбативных (инстантонных) вкладов в сечение рассеяния частиц высоких энергий. Наивные пертурбативные вычисления показывали факториальный рост сечения многочастичного рождения при столкновении частиц высоких энергий.

Вычисления процессов в случае высоких температур, большой плотности фермионов или при наличии тяжёлых фермионов в начальном состоянии также приводили к неподавленным переходам с нарушением барионного и лептонного чисел при энергиях порядка энергии электрослабого сфалерона. Это вызвало огромный интерес к данной области исследования, в связи с возможностью наблюдения подобных процессов в экспериментах в обозримом будущем. Однако полный непертурбативный анализ процессов с изменением топологической структуры вакуума в столкновениях частиц потребовал значительного времени.

Развитый В.А.Рубаковым квазиклассический подход позволил убедиться в экспоненциальном подавлении сечения многочастичного рождения при высоких энергиях, в частности, показал наличие экспоненциального подавления процессов с несохранением барионного числа в столкновениях частиц с энергиями, реалистичными для экспериментов обозримого будущего.

Вселенная до Большого взрыва: гравитационные волны от инфляции

Реликтовые гравитационные волны предсказываются простыми (и, значит, правдоподобными) инфляционными моделями, отсутствуют в неинфляционных сценариях

Длины волн от 100 Мпк до размера видимой Вселенной

Большие амплитуды, $h \sim 10^{-5} - 10^{-6}$ (ср. $h \lesssim 10^{-22}$ для грав. волн астрофизического происхождения)

Почти плоский спектр мощности

Должны давать вклад в анизотропию температуры СМВ и особенно в поляризацию СМВ

Открытие = доказательство инфляции

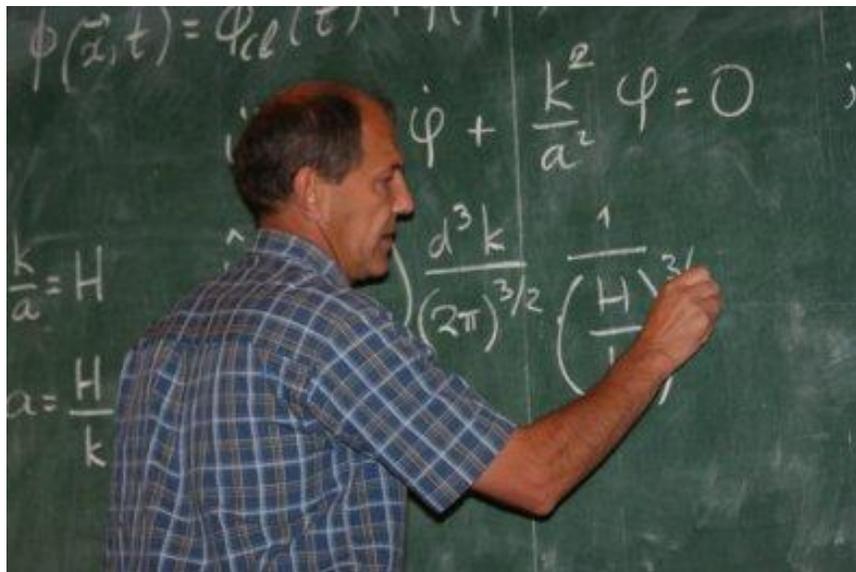
(пока лишь – наиболее строгие ограничения на параметры...)



*Rubakov V.A., Sazhin M.V., Veryaskin A.V.
Phys. Lett. B 115 189 (1982)*



Вселенная до Большого взрыва: не только инфляция?



В.А. Рубаковым с учениками впервые предложен механизм генерации первичных скалярных возмущений во Вселенной, **отличный от инфляционного**.

Характерной его чертой является появление специфических свойств возмущений плотности: статистической анизотропии, указания на наличие которой имеются в наблюдательных данных; негауссовости специального вида, наклона спектра и др.

V. Rubakov. JCAP 09 (2009) 030;

M. Libanov, V. Rubakov. JCAP 11 (2010) 045;

M. Libanov, S. Mironov, V. Rubakov. Phys. Rev. D 84 (2011) 083502

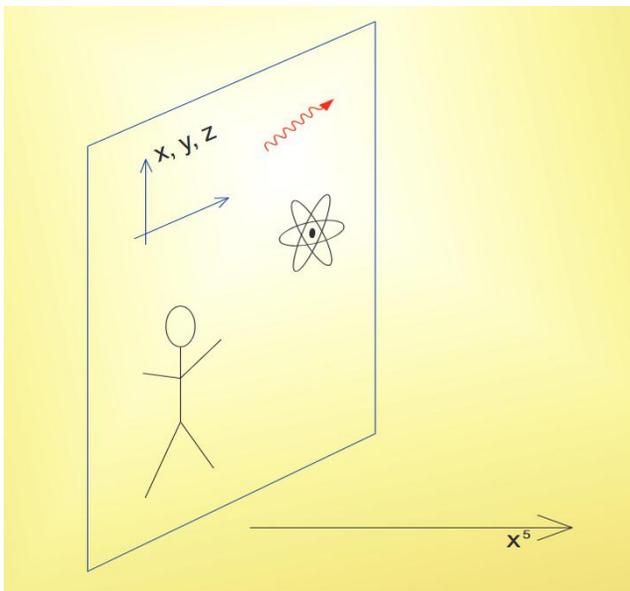


ПРОБЛЕМЫ НА СТЫКЕ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ, АСТРОФИЗИКИ И КОСМОЛОГИИ

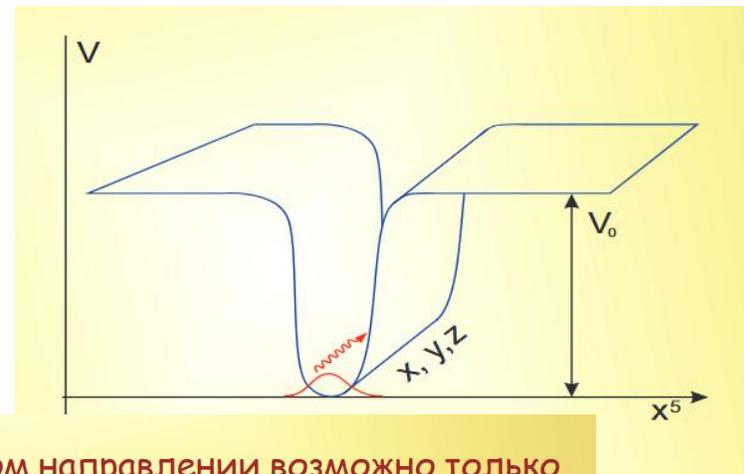
Одной из наиболее серьёзных проблем на стыке физики частиц, астрофизики и космологии является проблема отсутствия обрезания спектра космических лучей при сверхвысоких энергиях. В.А.Рубаковым и В.А.Кузьминым для объяснения этого явления была предложена (1997г.) модель тёмной материи, состоящей из сверхтяжёлых нестабильных частиц, распадающихся на обычные частицы Стандартной модели из-за непертурбативных эффектов, обеспечивающих время жизни сверхтяжёлых частиц порядка времени жизни Вселенной. Эта гипотеза может быть проверена экспериментально уже в ближайшем будущем.

Ещё в начале 80-х годов, В.А.Рубаков и М.Е.Шапошников предложили концепцию многомерного мира, включающую в себя дополнительные бесконечные пространственные измерения, наблюдение которых возможно при высоких энергиях. При низких энергиях взаимодействие устроено так, что наблюдаемые частицы могут перемещаться лишь по трёхмерному подмногообразию, чем и обусловлена кажущаяся трёхмерность нашего мира. После построения моделей с локализованной на трёхмерном многообразии гравитацией (конец 90-х гг.) концепция многомерного мира получила бурное развитие, и именно этой концепции посвящены работы В.А.Рубакова последних лет, в которых исследовались модификация гравитации на больших и малых расстояниях, вопросы сохранения унитарности, массы и электрического заряда, возможные космологические проявления моделей с дополнительными пространственными измерениями.

«Мир на бране»: большие дополнительные пространственные измерения



Предложена идея **больших** дополнительных пространственных измерений, в которых наблюдаемый нами мир локализован на 3-мерной гиперповерхности («бране»).



Если яма узкая, движение в поперечном направлении возможно только при большой энергии:

$$E \gtrsim \frac{\hbar c}{L_w} \simeq 1 \text{ ТэВ}, \quad L_w - \text{ширина ямы.}$$

В таких моделях открываются возможности решения проблем иерархий различных параметров Стандартной модели и проблемы космологической постоянной. Взрывной интерес к этой теме возник через 15 лет после публикации.

*Rubakov V.A., Shaposhnikov M.E.
Phys.Lett.B 125 (1983) 136;*

*Rubakov V.A., Shaposhnikov M.E.
Phys.Lett.B 125 (1983) 139*



КРУПНЫЙ ОРГАНИЗАТОР НАУКИ И РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАНИЙ



В.А. Рубаков - был крупным организатором науки, вел исключительно важную научно-организационную, педагогическую и научно-просветительскую деятельность.

С 1987 по 1994 гг. занимал пост заместителя директора Института ядерных исследований РАН по научной работе, затем стал главным научным сотрудником ИЯИ., внес большой вклад в развитие исследовательской инфраструктуры в области фундаментальной ядерной физики.

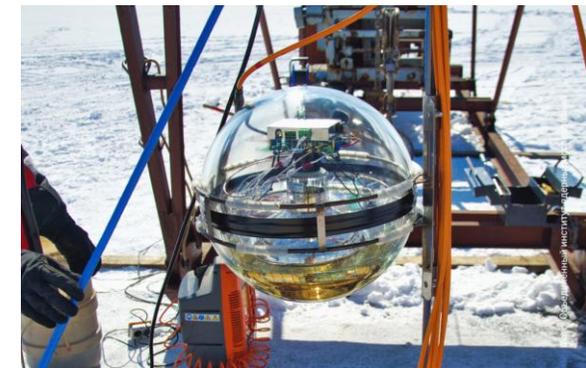
Был заведующим кафедрой физики частиц и космологии физического факультета МГУ.

В 1990-м был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1997 году – действительным членом РАН. Был членом Президиума РАН, заместителем академика-секретаря и руководителем секции ядерной физики отделения физических наук РАН. Входил в состав Совета по науке и образованию при Президенте РФ, в состав Ученого совета ОИЯИ. Являлся Главным редактором журнала «Успехи физических наук».

Институт ядерных исследований АН

Весь творческий путь В.А. Рубакова после окончания физфака МГУ в 1978 году связан с Институтом ядерных исследований Академии наук. Во всем мире знают ИЯИ РАН как институт, в котором работает Рубаков.

В непростые годы (1987-1994) он был заместителем директора ИЯИ РАН по научной работе, и именно его усилия обеспечили сохранение института как мирового научного центра, развитие Байкальской и Баксанской нейтринных обсерваторий, заложив фундамент их нынешних успехов. До последних дней жизни он оставался неформальным лидером и неутомимым советчиком во многих областях жизни института.



Новое поколение исследователей: «школа Рубакова»

Научная школа Рубакова включает не только десятки учеников, докторов и кандидатов наук – его научных «детей», но и «внуков» и даже «правнуков». Особенности подхода к постановке и решению научных задач, характерный для рубаковской школы, позволяет им блестяще решать самые интересные и сложные проблемы в разных областях современной науки, в разных странах мира.



Новое поколение исследователей: университет



В.А. Рубаков преподавал в течение десятков лет на кафедре квантовой статистики и теории поля физического факультета МГУ им. Ломоносова. Он – один из основателей и руководитель кафедры физики частиц и космологии, «рубаковской кафедры» физфака МГУ. Созданные им специальные курсы превратились в книги и видеозаписи, по которым учатся во всем мире.



Лекция 1. Однородность и изотропность Вселенной
2 ▶ 01:44:34

Лекция 2. Динамика расширения Вселенной
3 ▶ 01:54:35

Лекция 3. Λ CDM: космологическая модель с тёмной материей и тёмной энергией
4 ▶ 01:26:44



Новое поколение исследователей: «Кварки» и школы



В.А. Рубаков вплоть до начала пандемии коронавируса каждые два года руководил организацией международного научного семинара «Кварки», который благодаря усилиям его и коллег приобрел всемирную известность.



Академия наук

Не будет преувеличением сказать, что во многих научных организациях в стране нынешняя ситуация была бы совсем не такой без постоянных усилий В.А. Рубакова. Он участвовал в работе экспертных советов государственных и частных фондов, поддерживающих фундаментальную науку и молодых ученых, ею занимающихся; вёл активную просветительскую работу, выдерживал серьезные битвы в Комиссии РАН по борьбе с лженаукой. Входя в состав Президиума РАН, руководя секцией ядерной физики отделения физических наук РАН, он вкладывал в эту работу много своего времени и душевных сил.



В.А. Рубаков: к 70-летию

Он всегда боролся за будущее науки – и добиваясь создания и развития, даже в самые трудные времена, уникальных научных установок, сегодня приносящих всемирную славу российской науке, и защищая права и честное имя ученых, в том числе как один из основателей «Клуба Первого июля», вставшего на защиту Российской академии наук в 2013 году.



Плодотворная научная деятельность В. А. Рубакова отмечена целым рядом престижных научных премий, в том числе премии им. А.А. Фридмана (совм. с В.А. Кузьминым, 1999), Международной премии ИТЭФ имени И. Я. Померанчука в 2003 году, премии имени академика М. А. Маркова (2005), Международной премии имени академика Б. Понтекорво (2009), премии им. Юлиуса Весса (2020), премии имени М. В. Ломоносова (2012), премии имени Н. Н. Боголюбова (2014), Демидовской премии (2016), Гамбургской премии по теоретической физике (2020).



Обладая высоким международным авторитетом, В. А. Рубаков неустанно пропагандировал достижения российской науки, способствовал расширению контактов российских ученых с их зарубежными коллегами. Он активно участвовал в деятельности российских и международных организаций, поддерживающих развитие отечественной науки. Глубокие научные и дружеские контакты связывали его с коллегами в Дубне, куда он часто приезжал для продолжения совместных работ и участия в работе Ученого совета ОИЯИ, авторитетным и уважаемым членом которого был в течение ряда последних лет.



Валерий Анатольевич Рубаков

Валерий Анатольевич был выдающейся личностью. Становясь жестким и непримиримым при виде лжи, стяжательства, некомпетентности, он был при этом исключительно добрым и отзывчивым человеком, всегда и во всем помогал и ближним, и дальним.



Высокие моральные качества, доброе отношение к людям, принципиальность и справедливость привлекали к Валерию Анатольевичу людей, создавали вокруг него благоприятную творческую и дружескую атмосферу.



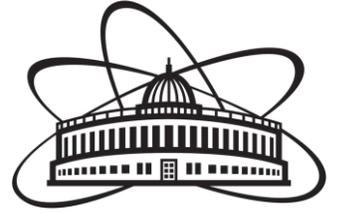


Академик В.А. Рубаков
16.02.1955 – 19.10.2022

Отдавая дань памяти выдающегося ученого, крупного организатора науки, создателя всемирно известной научной школы, Оргкомитет Сессии-конференции Секции ядерной физики ОФН РАН желает всем ее участникам успешной плодотворной работы, обретения новых дружеских связей с представителями фундаментальной физической науки, независимо от национальных границ, достижения новых творческих открытий для продолжения служения высоким идеалам и принципам познания мира с первых мгновений его рождения во всем единстве его законов и явлений в интересах всего человечества, к чему своим личным примером призывал нас Валерий Анатольевич Рубаков.



Российская Академия Наук

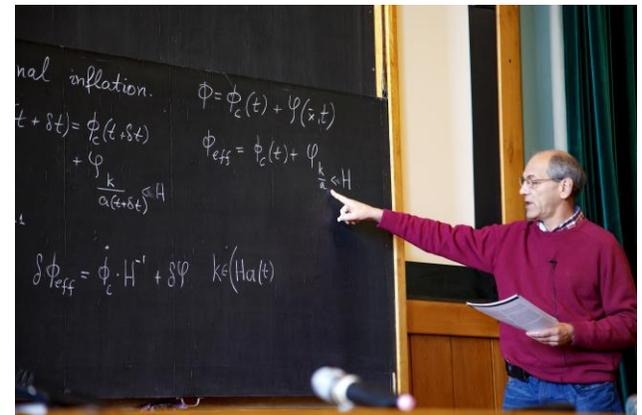
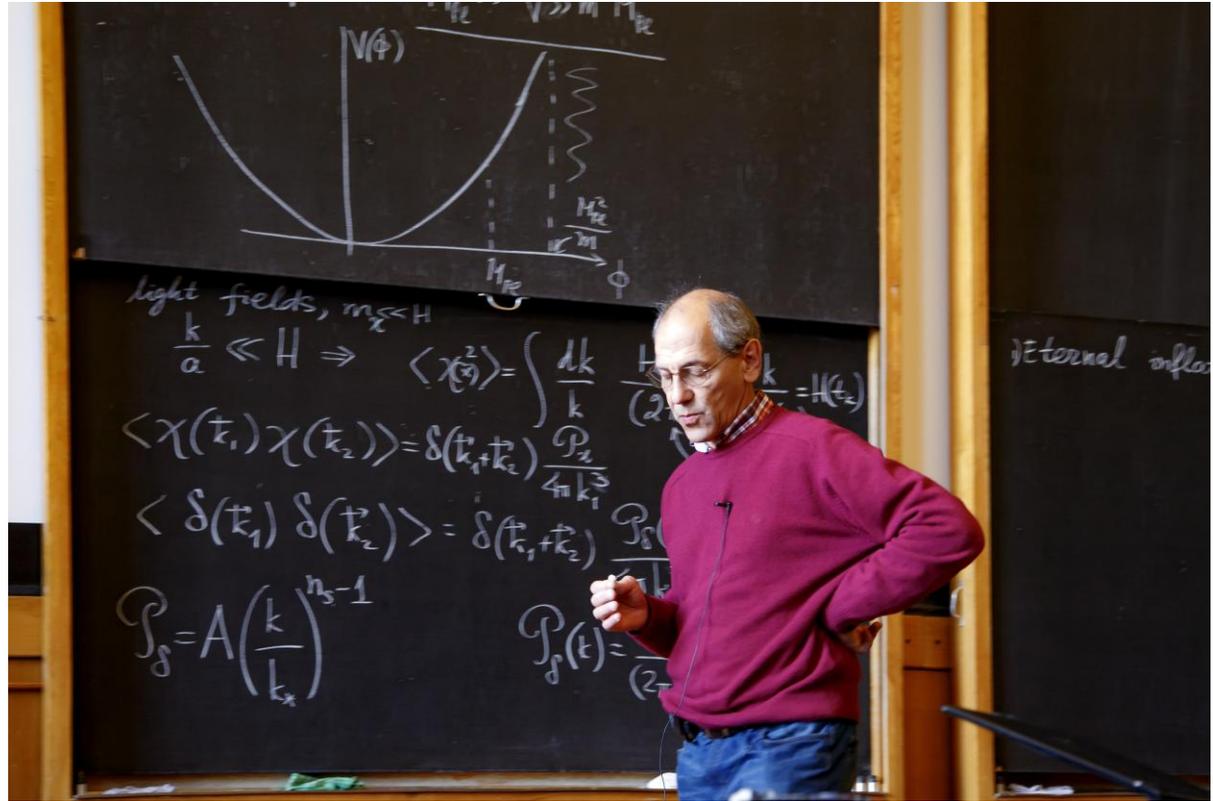


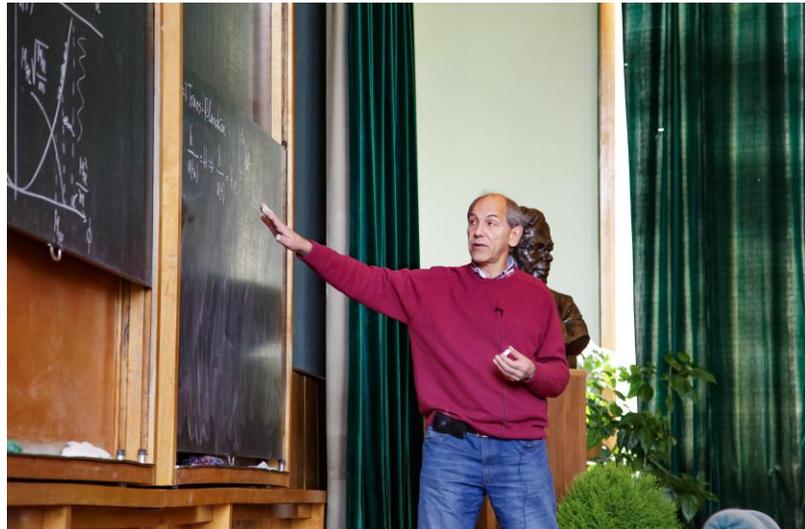
Спасибо и всего Вам доброго!

Валерий Анатольевич Рубаков, каким мы его помним



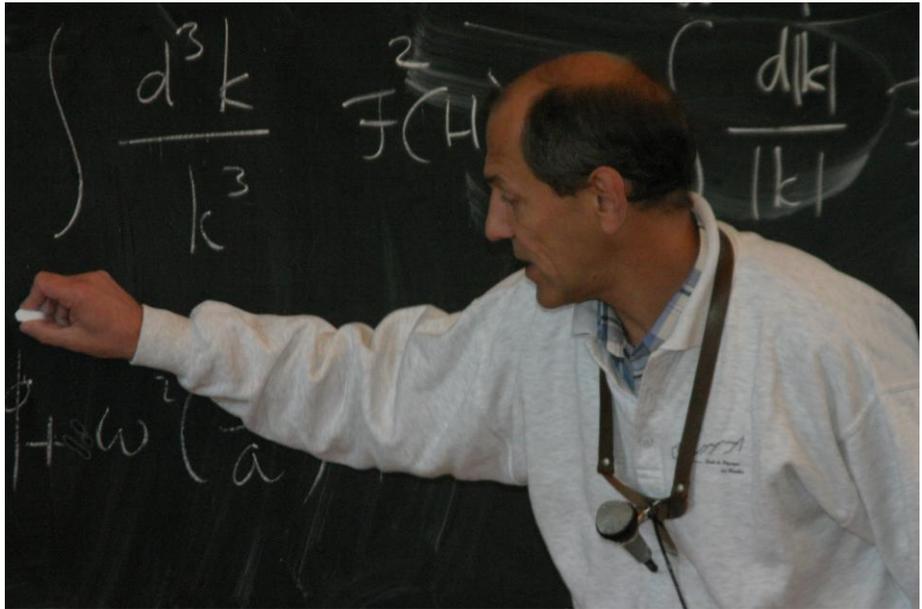
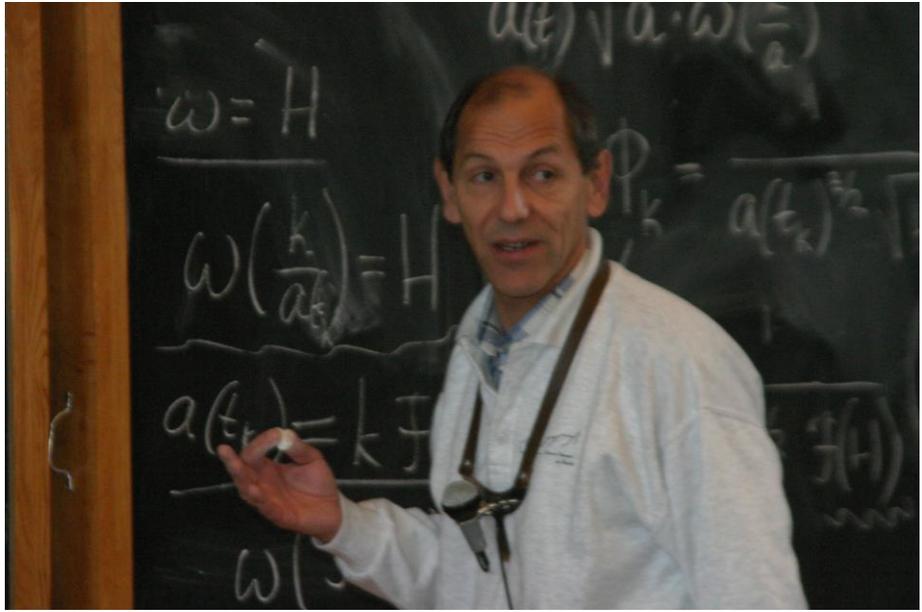












В.А. Рубаков и А.Н. Тавхелидзе





В.А. Рубаков и его верная супруга Эльвира Ивановна

