



**Физический институт
им. П.Н. Лебедева РАН**

100 лет
со дня рождения
НИКОЛАЯ
ГЕННАДИЕВИЧА
БАСОВА

1922 — 2022

**Н.Г. Басов у истоков
квантовой
технологической
революции**



Академик Н.Г. Басов (14.12.1922 – 01.07.2001)



- Выдающийся российский физик и организатор науки, один из основоположников квантовой электроники
- Академик РАН (1966), член Президиума РАН (1967-1990), директор ФИАН (1973-1989), профессор МИФИ, председатель общества “Знание”, член Президиума Верховного Совета СССР (1982-1989)
- Лауреат Нобелевской премии (1964), Ленинской (1959) и Государственной (1989) премий, дважды Герой Социалистического Труда (1969, 1982)
- Награжден пятью орденами Ленина, медалью РАН им. Ломоносова, рядом правительственных наград, зарубежными наградами и медалями
- Избран членом академий наук Германии, Чехословакии, Швеции, Польши, Болгарии, являлся почетным доктором ряда зарубежных университетов
- 13 декабря 1997 г. Н.Г. Басов был награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени — за заслуги перед государством, большой личный вклад в развитие науки и подготовку высококвалифицированных кадров

ДЕТСТВО

Николай Басов родился **14 декабря 1922 года** в небольшом городке Усмани Тамбовской губернии.

До пяти лет Николай Басов жил в Усмани. В 1926 году семья Басовых переехала в Воронеж, где будущий ученый окончил среднюю школу с аттестатом отличника.



ГОДЫ ВОЙНЫ

Окончание Н.Г. Басовым школы совпало с началом Великой Отечественной войны.

В 1941 году Николай Басов был призван в армию и направлен в Куйбышевскую военно-медицинскую академию.

В 1942 году переведен в Киевское военно-медицинское училище, после его окончания служил ассистентом врача в батальоне химической защиты в составе 1-го Украинского фронта.

До конца 1945 года он находился в рядах действующей армии.

"Случай у меня такой был... Значит, копают землянки солдаты. Работа тяжёлая. И у одного солдатика случился аппендицит. Его надо резать. Я всего один раз видел, как профессор удаляет аппендицит, я ему чуть-чуть ассистировал, подавал разные инструменты. Я поставил четырёх солдат, которые держали простыню – сверху-то сыпались земля и песок. Дал полстакана спирта вместо наркоза и сделал операцию! Кстати, этот паренёк жив до сих пор..."

(Н. Г. Басов)



ОБРАЗОВАНИЕ

В 1946 году Н.Г. Басов стал студентом Московского механического института боеприпасов (ныне – МИФИ).

11 июля 1950 года Николай Басов защитил дипломную работу «Запуск синхротрона на 4 - и 5 –кратностях» под руководством д.ф.-м.н. А.М. Прохорова.

В 1950 году он был принят в аспирантуру на кафедру теоретической физики МИФИ.

14 декабря 1953 года Н.Г. Басов защитил кандидатскую диссертацию «Определение ядерных моментов радиоспектроскопическим методом» под научным руководством д.ф.-м.н. А.М. Прохорова.



РАБОТА

С 1948 года Николай Басов начал работать в Лаборатории колебаний Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН). В июле 1949 года он был зачислен на должность инженера. 9 января 1954 года Николая Басова перевели на должность младшего научного сотрудника Лаборатории колебаний.

29 июля 1955 года решением Президиума АН СССР Николай Басов был утвержден в звании старшего научного сотрудника по специальности «Радиофизика».

14 ноября 1958 года Президиум АН СССР утвердил д.ф.-м.н. Н.Г. Басова на должность заместителя директора ФИАН.

13 мая 1959 года Н.Г. Басов был утвержден в должности заведующего Сектором молекулярных генераторов.

24 января 1963 года Сектор молекулярных генераторов Лаборатории колебаний был преобразован в Лабораторию квантовой радиофизики, а Н.Г. Басов был назначен и.о. зав. лабораторией.

В 1973 году Н.Г. Басов был избран директором ФИАН.

В 1989 году назначен на должность директора Отделения квантовой радиофизики ФИАН.

Молекулярный генератор

Тезисы доклада Н.Г.Басова и А.М.Прохорова
на заседании Всесоюзного научного общества
радиотехники и радиосвязи им. А.С.Попова

[октябрь 1954 г.]

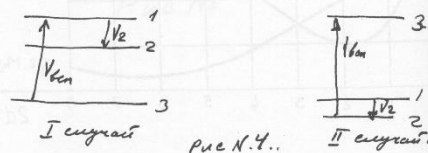
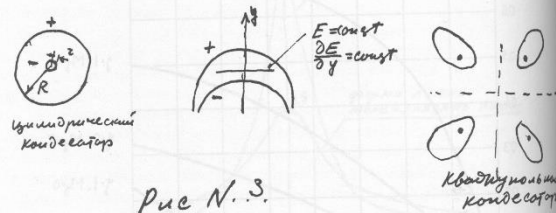
Большинству присутствующих и развития за последнее время новог радиоспектроскопии молекул. Иссл стотных спектров поглощения моле ные сведения о строении молекул отправным пунктом при построении связи и теории строения ядра. С др нансное поглощение энергии газами ваться для создания эталонов частот занные с молекулярными переходам от внешних условий.

Как первая задача точного исс. так и вторая задача получения этал ограничены тем, что спектральные л являются монохроматическими, а и статочно большую ширину. Говор: языком, Q спектральных линий, ре быть сделано больше $10^5 \div 10^6$, добротности лучших кварцев.* Ши линий обусловлена, главным образо торами:

* Заметим, что в отличие от кварцев, которые ста та спектральных линий не имеет временной зав

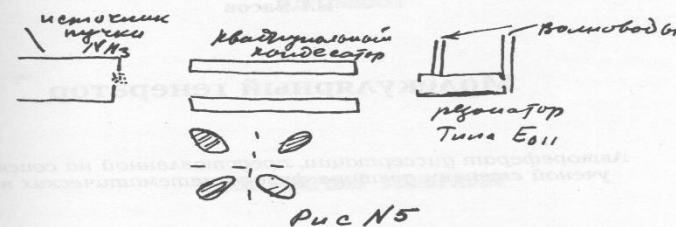
$N_i \sim e^{-\frac{E_i}{kT}}$
где E_i - энергия i -уровня
 T - температура молекулы газа.

Таким образом если у молекулы имеют мн уровни, между которыми возм периодиче молекулы изображены на рис.4.



Идея молекулярного генератора (1952 г) – основа докторской диссертации Н.Г. Басова (1957 г).

На момент защиты ему исполнилось 35 лет.



ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Вместе с А.М. Прохоровым в **1953** году он установил **принцип усиления и генерации электромагнитного излучения** квантовыми системами, что позволило в **1954** создать **первый квантовый генератор** (мазер) на пучке молекул аммиака.

Совместно с Ю.М. Поповым и Б.М. Вулом Басов предложил идею создания различных типов **полупроводниковых лазеров**.

Ряд работ Басова посвящен вопросам распространения и взаимодействия мощных лазерных импульсов с веществом. Ему принадлежит **идея использования лазеров для управления термоядерным синтезом (1961)**, он предложил методы лазерного нагрева плазмы, проанализировал процессы стимулирования химических реакций лазерным излучением.

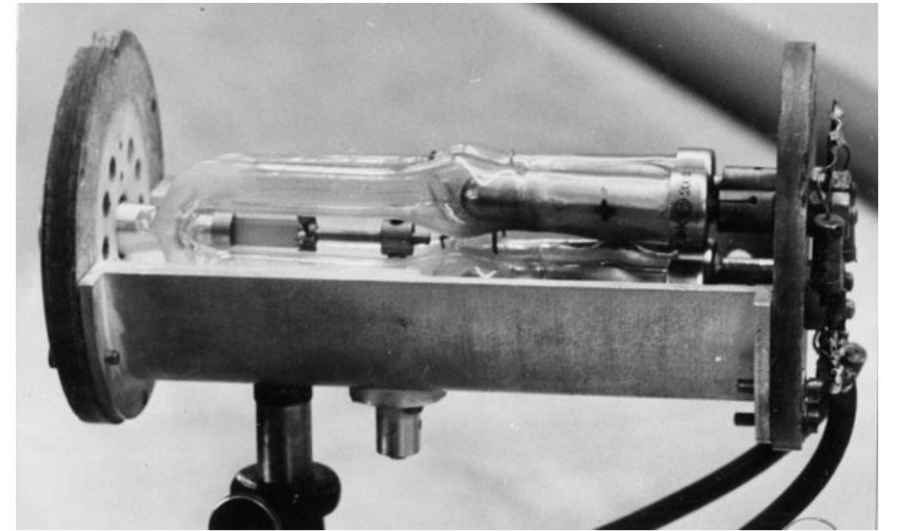
Басов разработал физические основы **создания квантовых стандартов частоты**, выдвинул идеи новых **применений лазеров в оптоэлектронике** (такие как создание оптических логических элементов), выступал инициатором многих исследований по нелинейной оптике



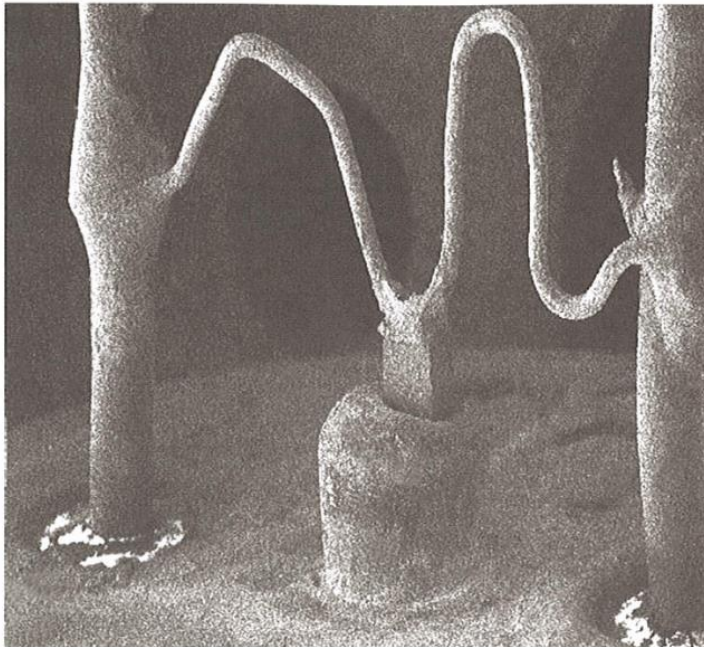
Первые лазеры в СССР



М. Д. Галанин, А. М. Леонтович, З. А. Чижикова



Первый рубиновый лазер
ФИАН, сентябрь 1961 г

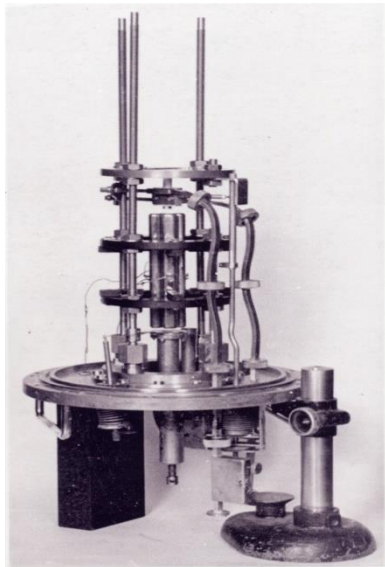


Первый полупроводниковый лазер
ФИАН, группа А.П. Шотова, 1962 г

The Nobel Prize in Physics 1964

Charles H. Townes
Nicolay G. Basov
Aleksandr M. Prokhorov

Share this



Nicolay G. Basov

Facts



Photo from the Nobel Foundation archive.

Nicolay Gennadiyevich Basov
The Nobel Prize in Physics 1964

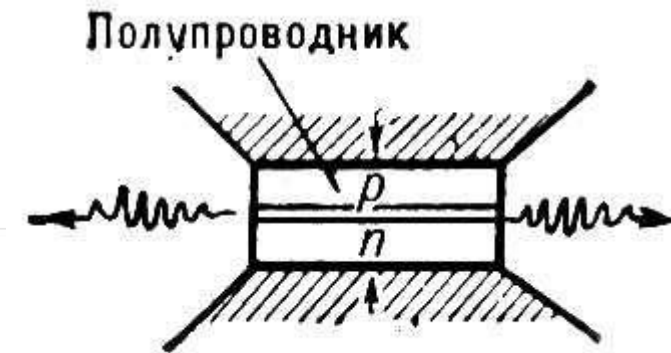
Born: 14 December 1922, Usman, USSR (now Russia)

Died: 1 July 2001, Moscow, Russia

Affiliation at the time of the award: P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow, USSR (now Russia)

Prize motivation: “for fundamental work in the field of quantum electronics, which has led to the construction of oscillators and amplifiers based on the maser-laser principle”

Prize share: 1/4



ФИЛЬМ «Прометей лазерной эры»

Фильм посвящен 100-летию со дня рождения выдающегося русского физика и организатора науки, лауреату Нобелевской премии по физике, Ленинской премии и Государственной премии СССР, дважды Герою Социалистического Труда, директору ФИАН с 1973 по 1988 г., основателю Отделения квантовой радиопластики ФИАН, академику Николаю Геннадиевичу Басову.

Автор: Леонид Иоффе



Ксения Басова

кандидат физико-математических наук, вдова Н.Г.Басова

Интервью К.Т. Басовой

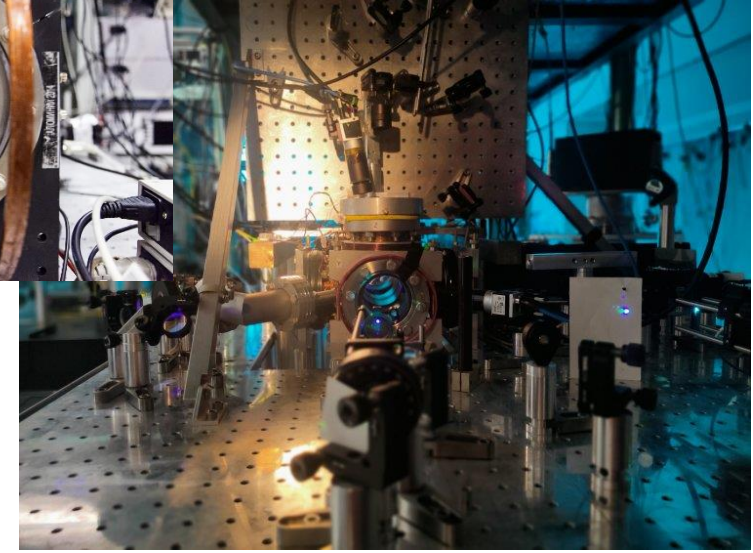
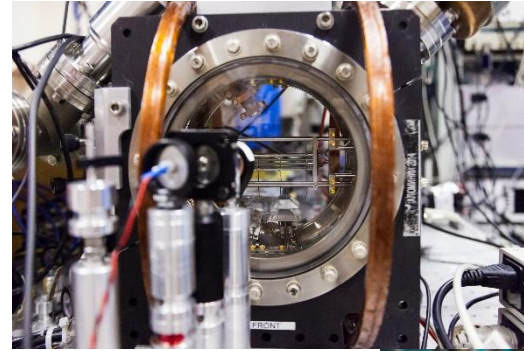
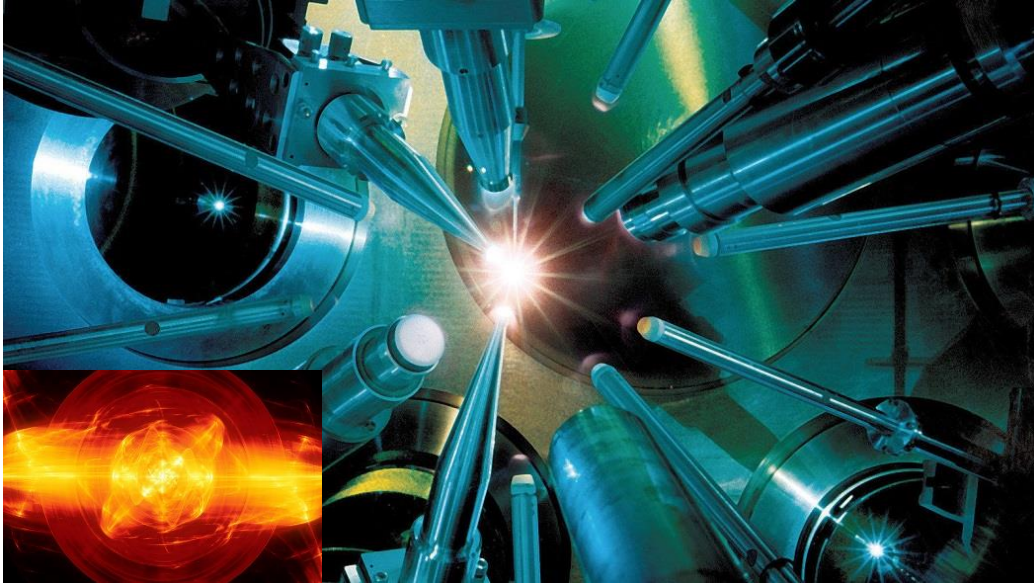


Кадр из фильма «Прометей лазерной эры», 2022 год

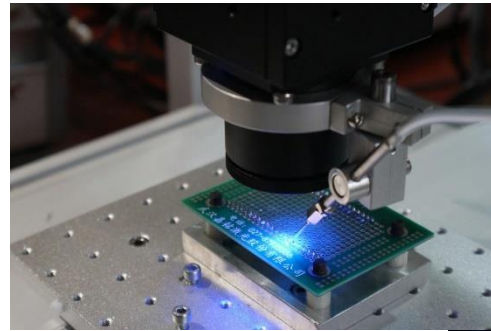
Н.Г. Басов и первая квантовая революция



Лазерный термоядерный синтез



Лазерные и мазерные стандарты частоты

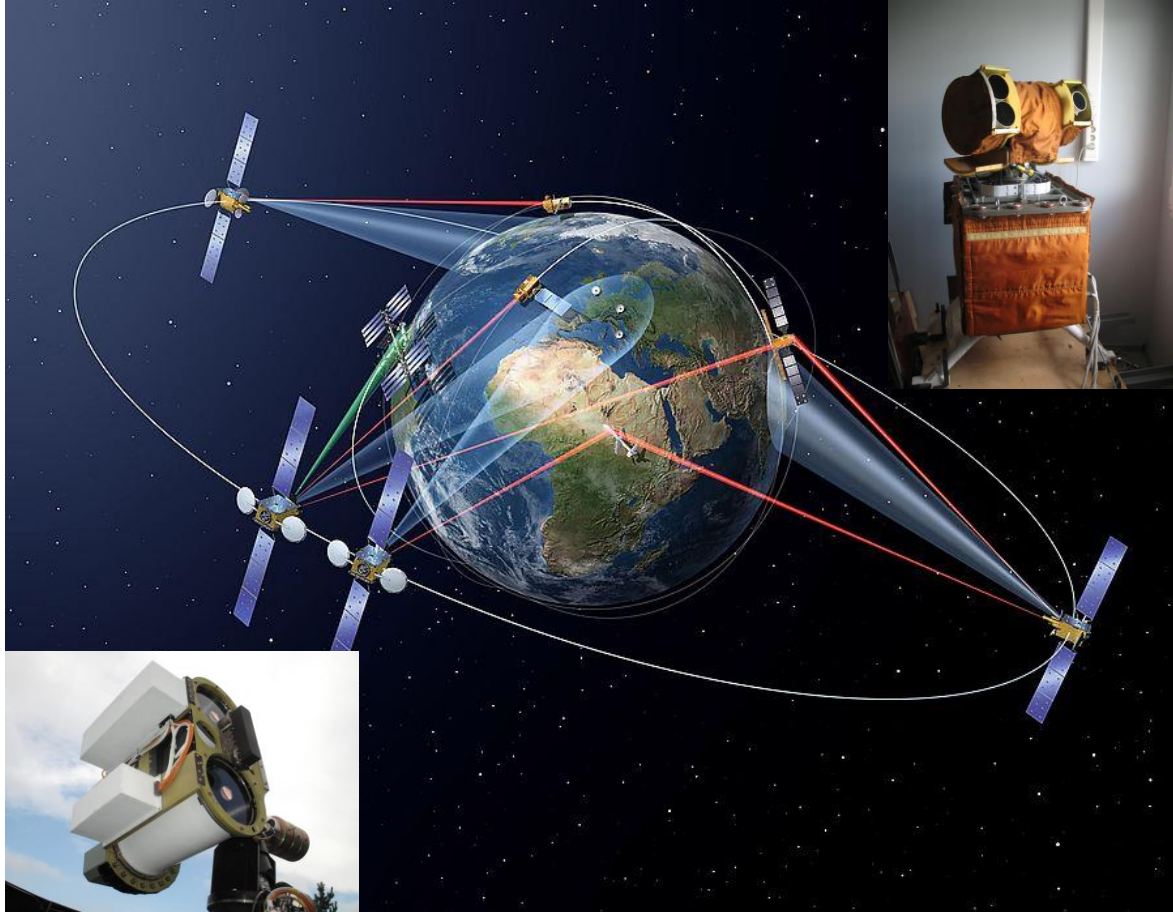


Промышленные лазеры

Н.Г. Басов и первая квантовая революция

Телекоммуникационные лазеры и навигация

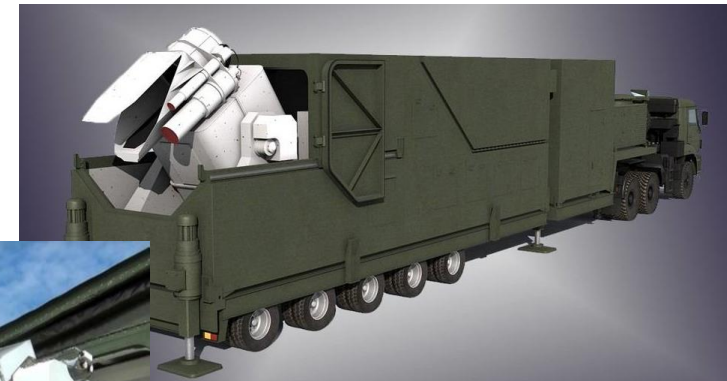
Бортовой терминал лазерной связи (БТЛС)
Источник: ОАО «НПК «СПП»



Лазеры в медицине



Лазеры на защите Отечества

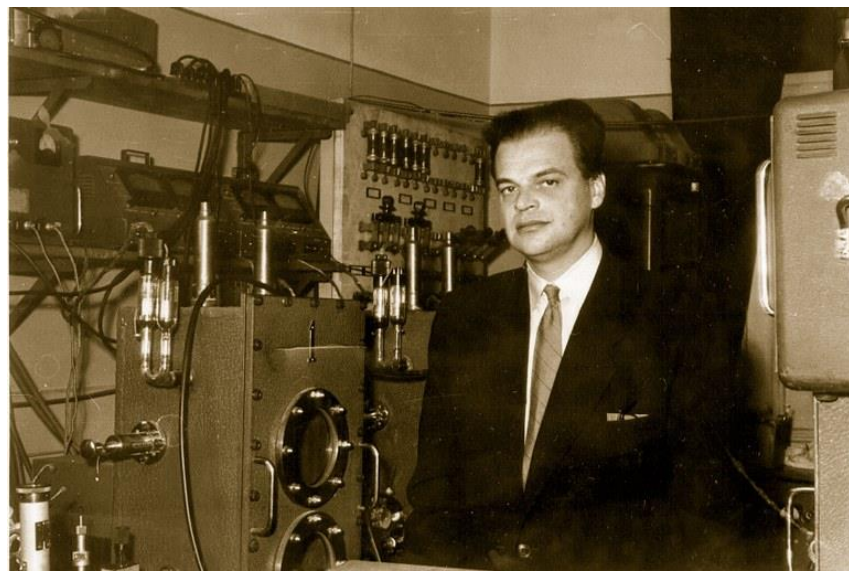


Наземный лазерный терминал (НЛТ)
Источник: ОАО «НПК «СПП»

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

О ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭФФЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ И АТОМНЫХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ

Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, А. Н. Орачевский,
Г. М. Страховский, Е. М. Чихачев



II. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОБЩЕЙ И ЧАСТНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 1. Возможные схемы опытов по проверке общей теории относительности

Достигнутая в настоящее время в лабораторных условиях высокая абсолютная стабильность частоты молекулярных генераторов порядка 10^{-10} (см. гл. I) позволяет поставить опыты по экспериментальной про-

§ 2. Опыты 1-го порядка по проверке специальной теории относительности

Высокая относительная стабильность частоты молекулярных генераторов дает возможность поставить релятивистские опыты первого порядка (эффекты, зависящие от величины $\beta = \frac{v}{c}$ в первой степени) для проверки специальной теории относительности. В настоящее время известно два

III. ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЭТАЛОНОВ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

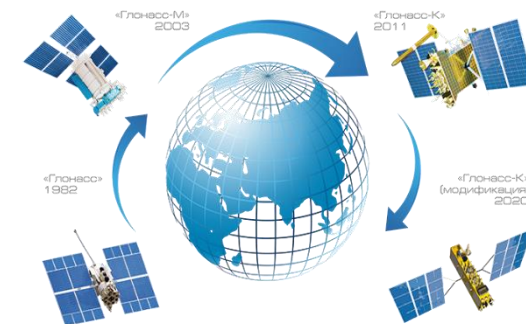
Создание атомных часов высокой стабильности делает возможным экспериментальную проверку некоторых космологических гипотез, связанных со структурой пространства, времени и природой тяготения.

Рассмотрению этих вопросов посвящена работа Дикке³. Результаты этой работы после некоторых предварительных замечаний будут изложены ниже.

Применение стандартов частоты

- Навигация и позиционирование.

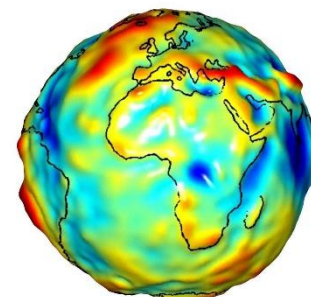
Положения спутников, ракет, самолетов; беспилотные летательные аппараты, беспилотный транспорт, удаленное строительство



www.glonass-iac.ru

- Гравиметрия

Поиск полезных ископаемых, построение геоида, навигация по гравитационному полю



www.jpl.nasa.gov

- Синхронизация обработки и передачи данных

Высокочастотный трейдинг, синхронизация баз данных, интерферометрия со сверхдлинной базой



www.microsemi.com

Стандарты – квантовые сенсоры

Оптические часы

Микроволновые часы

Кварцевые

Параметр / Наименование	Оптические стандарты частоты	Первичный стандарт частоты	Коммерческие часы на атомном пучке	Компактные атомные часы	Миниатюрные атомные часы	Прецизионные кварцевые часы	Наручные кварцевые часы
Погрешность	10^{-18}	10^{-16}	10^{-13}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-7}	10^{-5}
Нестабильность	0.1 нс/год	10 нс/год	10 мкс/год	0.1 мкс/сут	1 мкс/сут	100 мкс/сут	1 с/сут
Габариты	10^7 см^3	10^7 см^3	10^4 см^3	100 см^3	10 см^3	$1 \div 10 \text{ см}^3$	10 мм^3
Мощность	1 кВт	1 кВт	0.1÷0.5 кВт	1 Вт	120 мВт	100 мВт	10 мкВт
Стоимость	> \$5 млн.	> \$1 млн.	\$50 тыс.	\$2 тыс.	\$300	\$100	\$1
Изображение							

Путь мазера в СССР и России



Виктор Татаренков

ФИАН



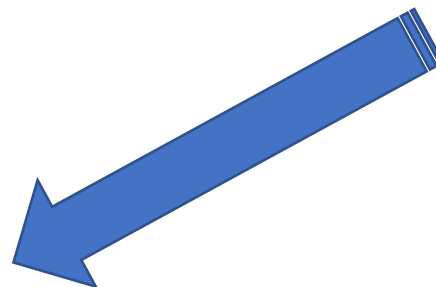
Учреждение Российской
академии наук
Физический институт
им. П.Н. Лебедева РАН

“В мире уже выпущено более тысячи водородных мазеров
разных модификаций. Половина из них произведена в России”

1966 год

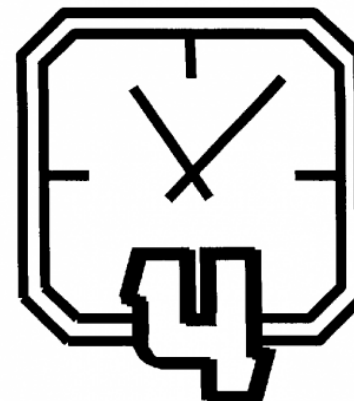


ФГУП ННИПИ



Н.Новгород

Время-4



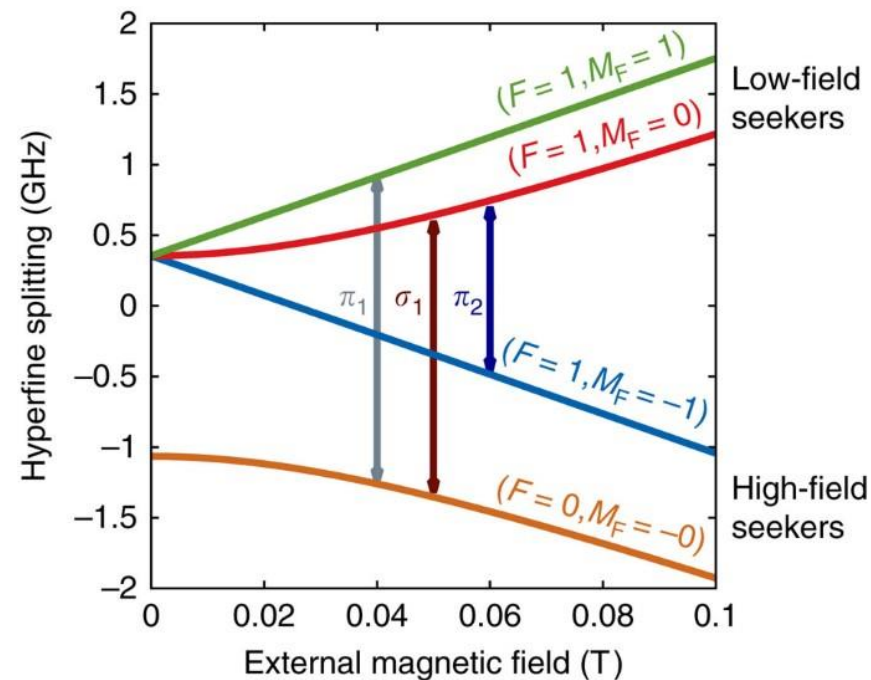
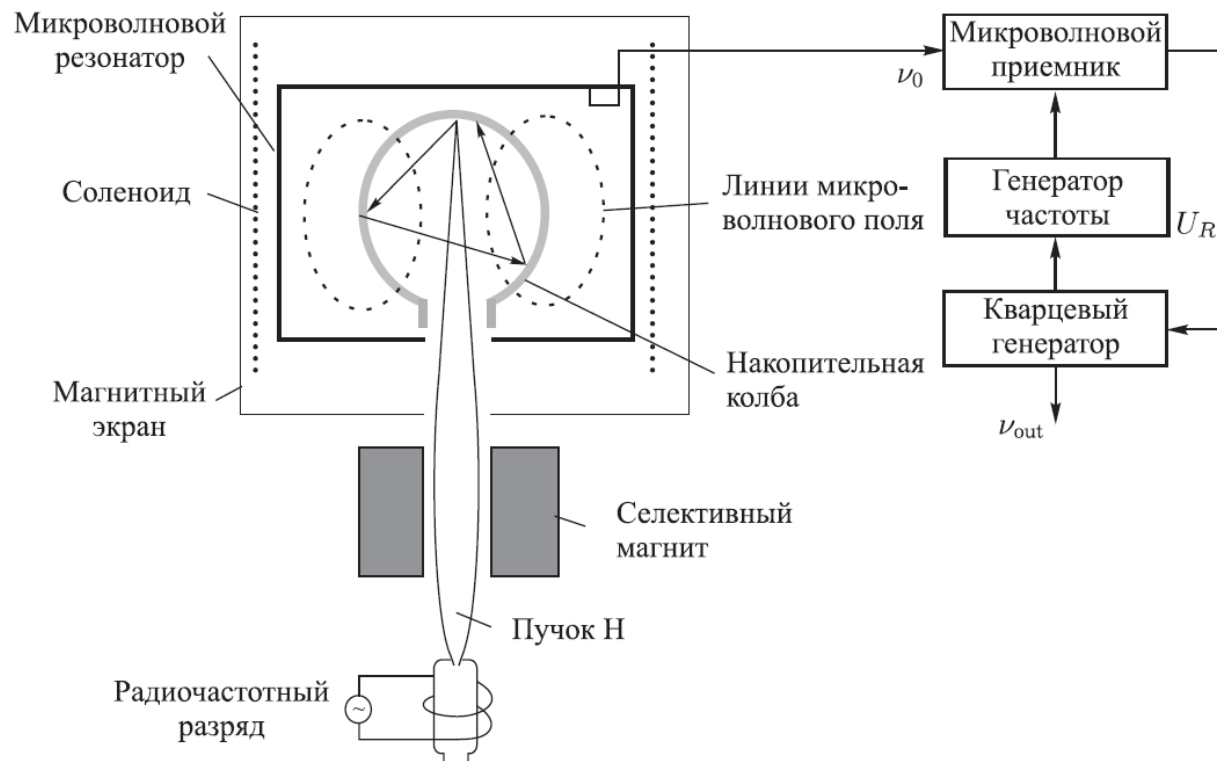
Николай Демидов

Водородный мазер

“Рабочая лошадка” метрологических лабораторий

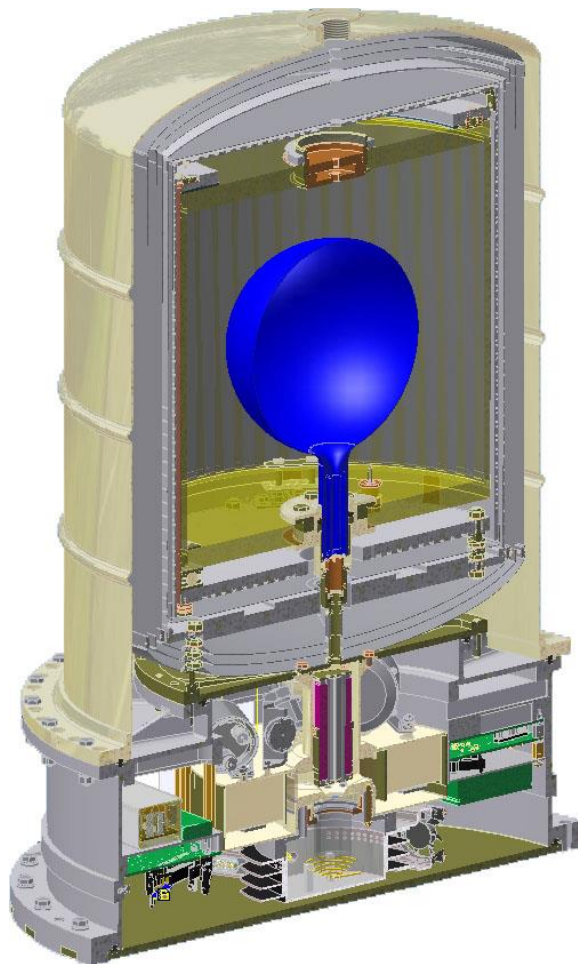
- национальные службы времени и частоты
- пункты слежения и управления спутниковыми радионавигационными системами;
- РСДБ;

Рабочая частота 1.42 ГГц, 21 см



Мазеры в РСДБ: миссия “Радиоастрон” (ФИАН)

ЗАО «ВРЕМЯ -Ч», Н.Новгород



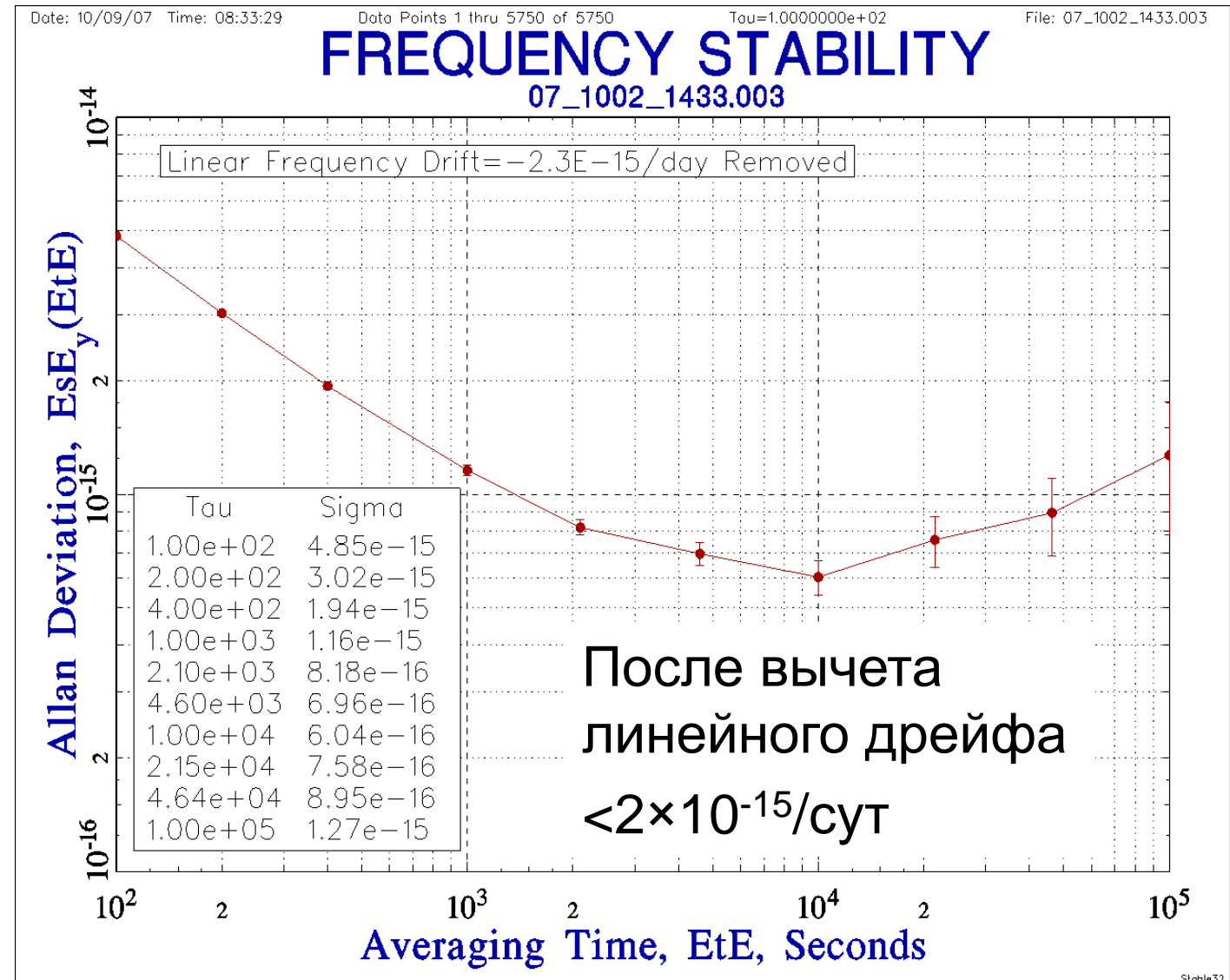
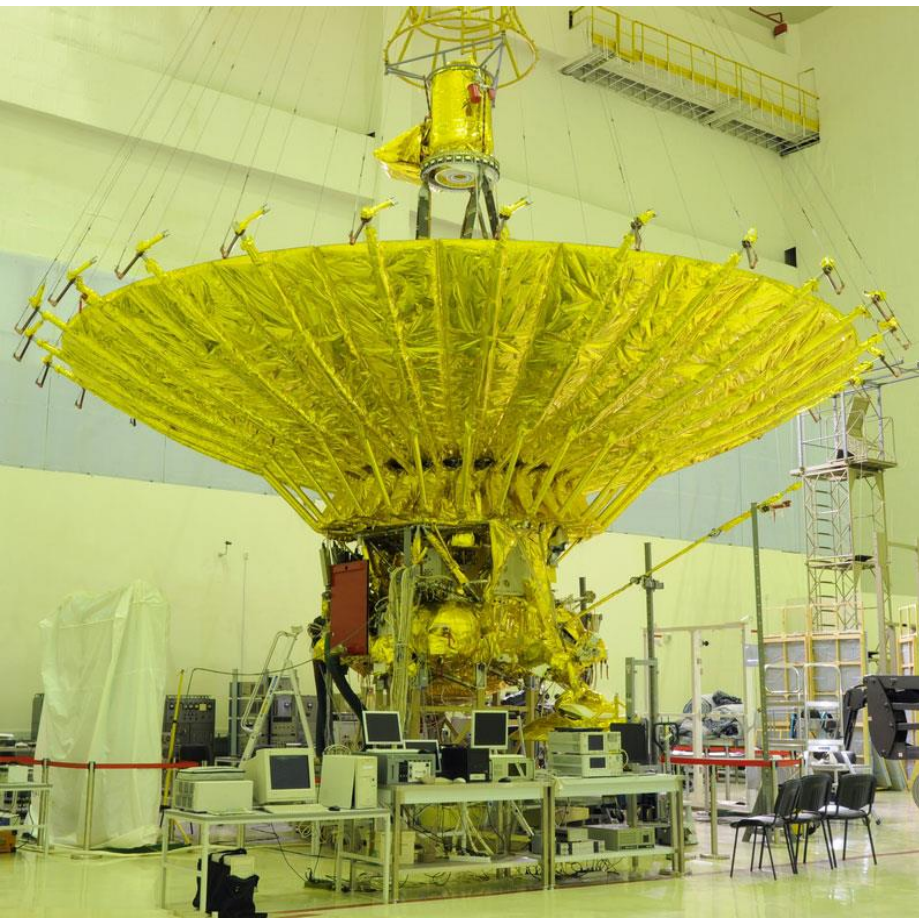
АКТИВНЫЙ БОРТОВОЙ
ВОДОРОДНЫЙ СТАНДАРТ
ЧАСТОТЫ ДЛЯ
КОСМИЧЕСКОГО
РАДИОТЕЛЕСКОПА

7 лет на орбите
2011-2018

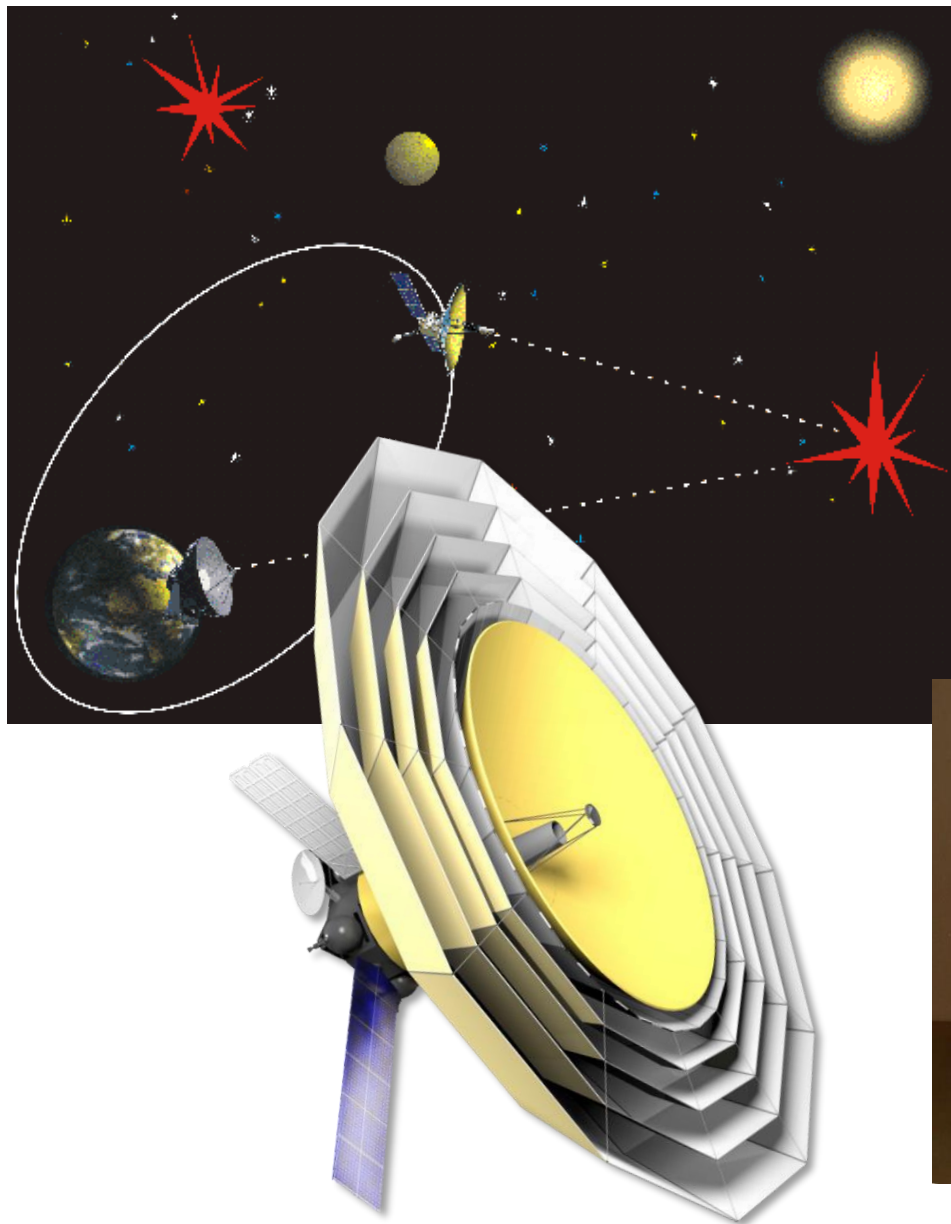


АНТЕННА И ИСПЫТАНИЯ

Испытания двух лётных образцов VCH-1010 №004 07 и №005 07 были проведены в
ноябре 2007 г.
ноябрь 2009 – январь 2010 – комплексные
испытания в НПО им.Лавочкина



ОБСЕРВАТОРИЯ “МИЛЛИМЕТРОН”



Первый в мире раскрываемый и охлаждаемый космический телескоп мм, суб-мм и дальнего ИК диапазонов с диаметром антенны 10 метров

Миссия включена в ФКП 2016-2025 гг.

- Миллиметровый, суб-миллиметровый и дальний-ИК диапазоны
- Космическая раскрываемая антенна
- Механическое охлаждение (<10 К) и работа после стадии охлаждения
- Орбита в окрестности точки Лагранжа Л2 (Земля-Солнце)
- Срок активного существования: 10 лет; с охлаждением >3 лет

Дата запуска - 2029 г



✓ Бортвой мазер активного типа

✓ Нестабильность частоты

7×10^{-14} @ 1 с,

2×10^{-15} @ 100 с,

5×10^{-16} @ 1000 с.

✓ Время жизни больше 10 лет

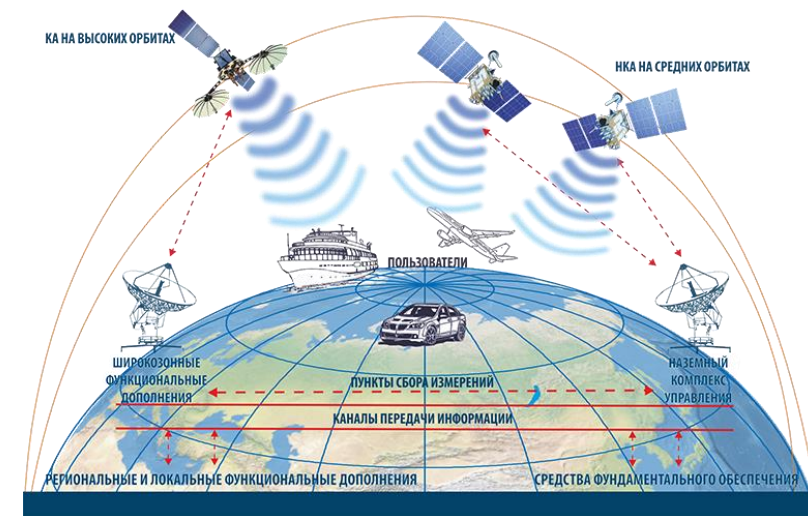
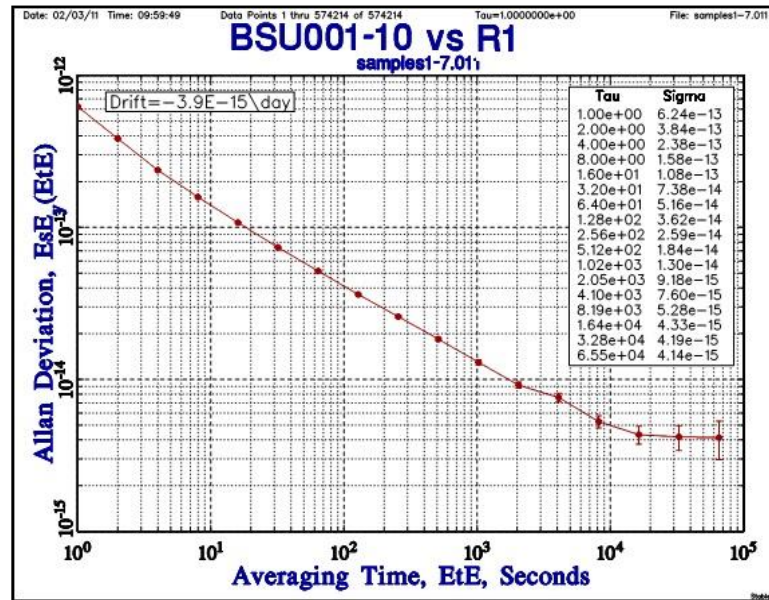
БОРТОВОЙ ВОДОРОДНЫЙ СТАНДАРТ



- Вес 16 кг
- Нестабильность частоты $<10^{-14}$ за 10000 с – 1 сут
- лучше 1 нс /сут

ЗАО “ВРЕМЯ-Ч”
летные испытания 2023 г

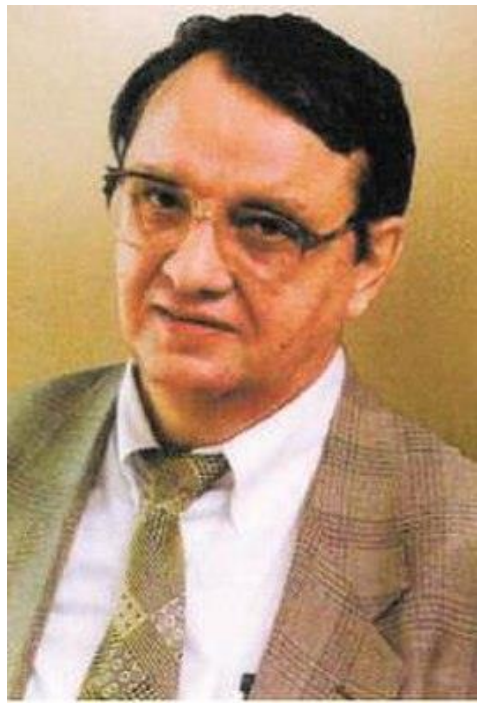
	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС-К
Статус	исключен	в работе	в работе
Первый запуск	1982	2003	2011
Суточная нестабильность бортовых часов	5×10^{-13}	1×10^{-13} 10 нс	1×10^{-14} 1 нс



УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ОПТИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ

Н. Г. Басов, В. С. Летохов



Владилен Летохов

- ученик Н.Г. Басова
- с 1970 г перешел из ФИАНа в ИСАН
- пионерские работы в области лазерной физики

VII. НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ

1. Измерение скорости света

Точность измерения одной из основных физических констант, скорости света, в настоящее время составляет 10^{-6} . Точность измерения скорости света можно существенно повысить с помощью оптического стандарта частоты и схемы абсолютного измерения частоты света. Идея эксперимента проста ¹⁹. Одновременное измерение с высокой точностью частоты и длины

2. Проверка постоянства мировых констант

Рассматривая безразмерные комбинации фундаментальных физических констант, включая радиус и возраст Вселенной, Дирак высказал предположение ¹²⁵ (см. также ¹²⁶, ¹²⁷), что из-за расширения Вселенной физические константы могут меняться со временем.

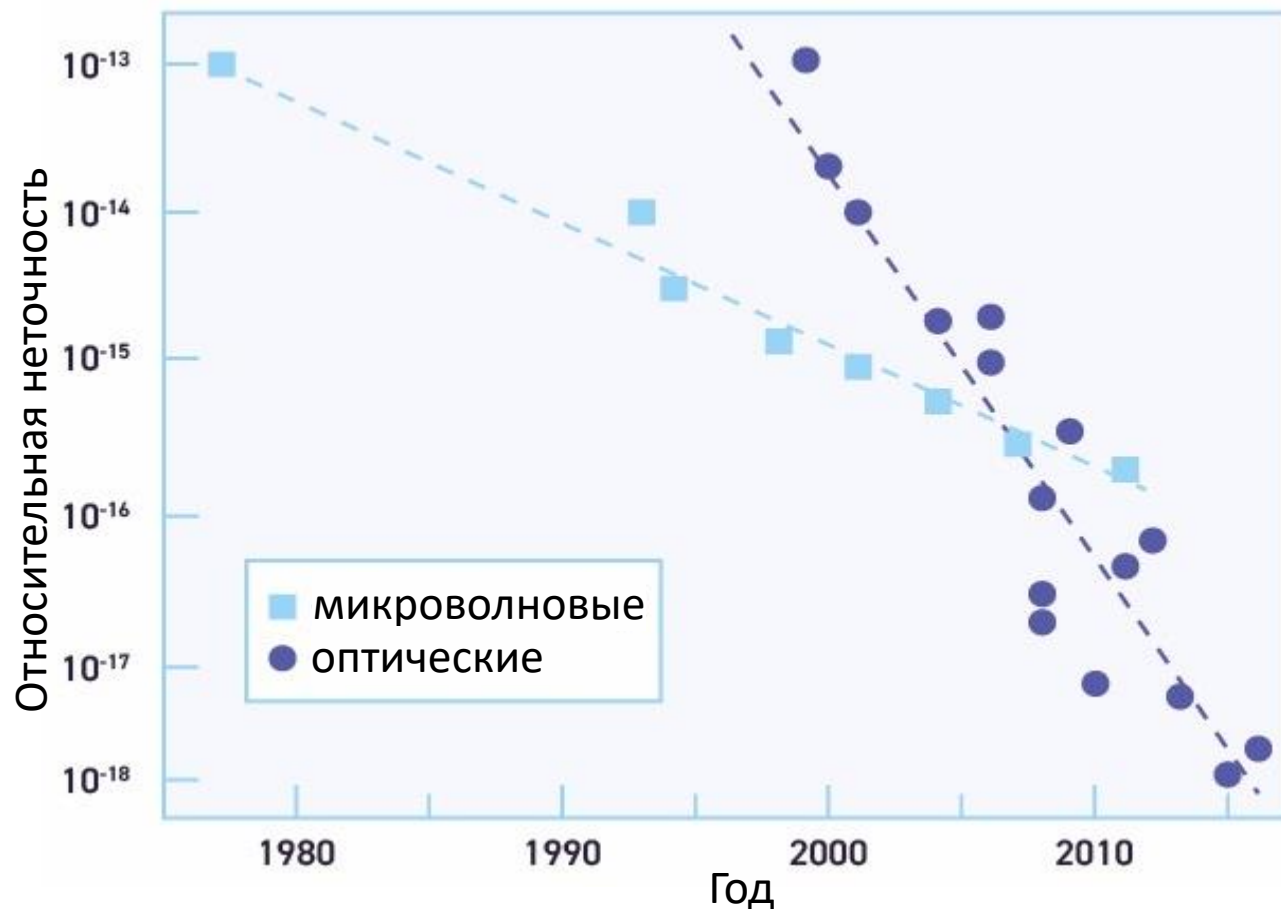
К этой же гипотезе можно подойти с другой точки зрения ¹²⁸. Эле-



Вениамин Чеботаев

- ИФП СО РАН (1964-74 гг)
- ИЛФ СО РАН (с 1991 г)
- лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения

Оптические стандарты частоты



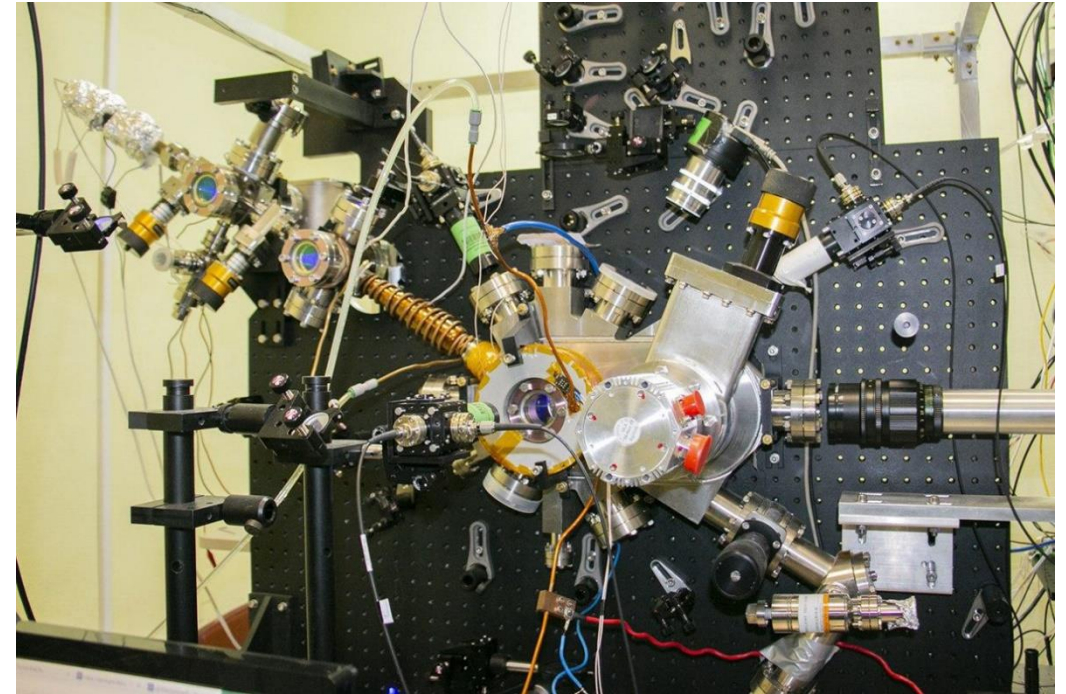
Частота — наиболее точно измеряемая величина.

(сегодня на уровне 18 знака)



ОПТИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ В РОССИИ

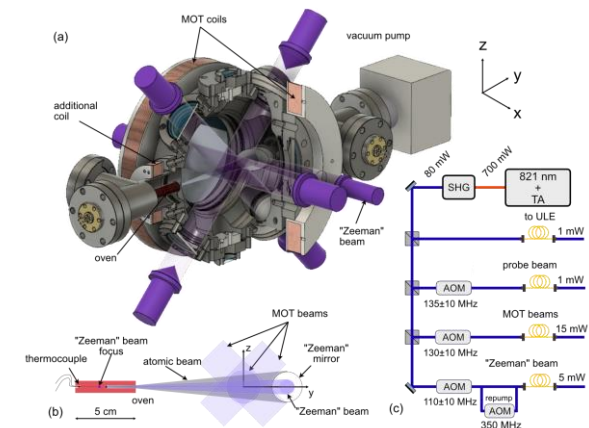
- Работы по Sr часам начаты в 2012 г (ГЛОНАСС 2012-20)
- Погрешность (2020 г) - 1×10^{-17}
- Входит в состав первичного эталона ГЭТ-1
- Дает вклад в национальную шкалу времени UTC(SU)



Sr оптические часы (ГМЦ ГСВЧ, ВНИИТФРИ)

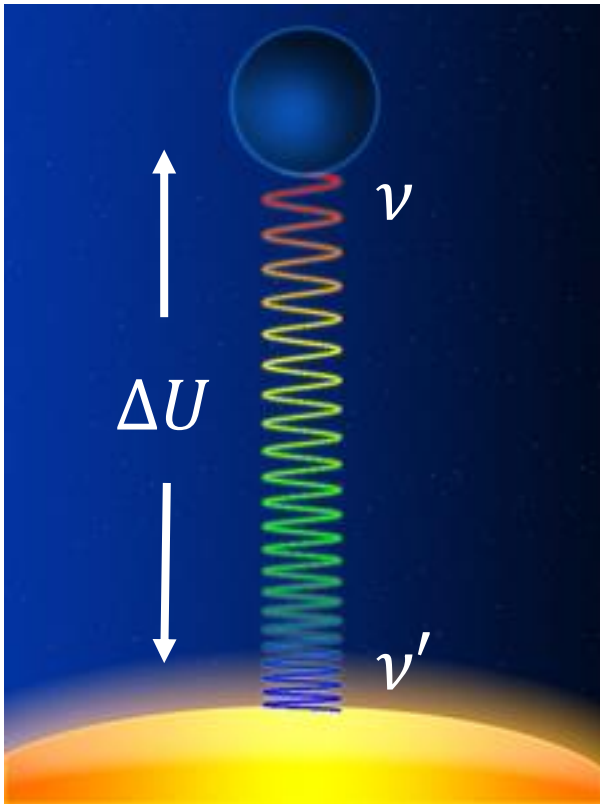
В результате значительного прогресса в области разработки мазеров, цезиевых и рубидиевых фонтанов и оптических часов, вклад России в формирование мировой шкалы времени UTC достиг 17%.

Работы ведутся в ФИАН, ВНИИФТРИ, ИЛФ СО РАН



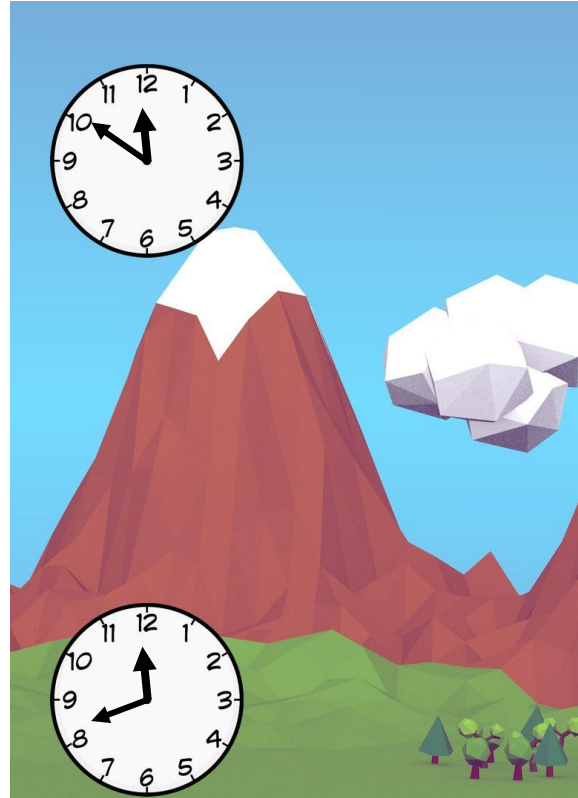
Релятивистская геодезия

Сдвиг частоты

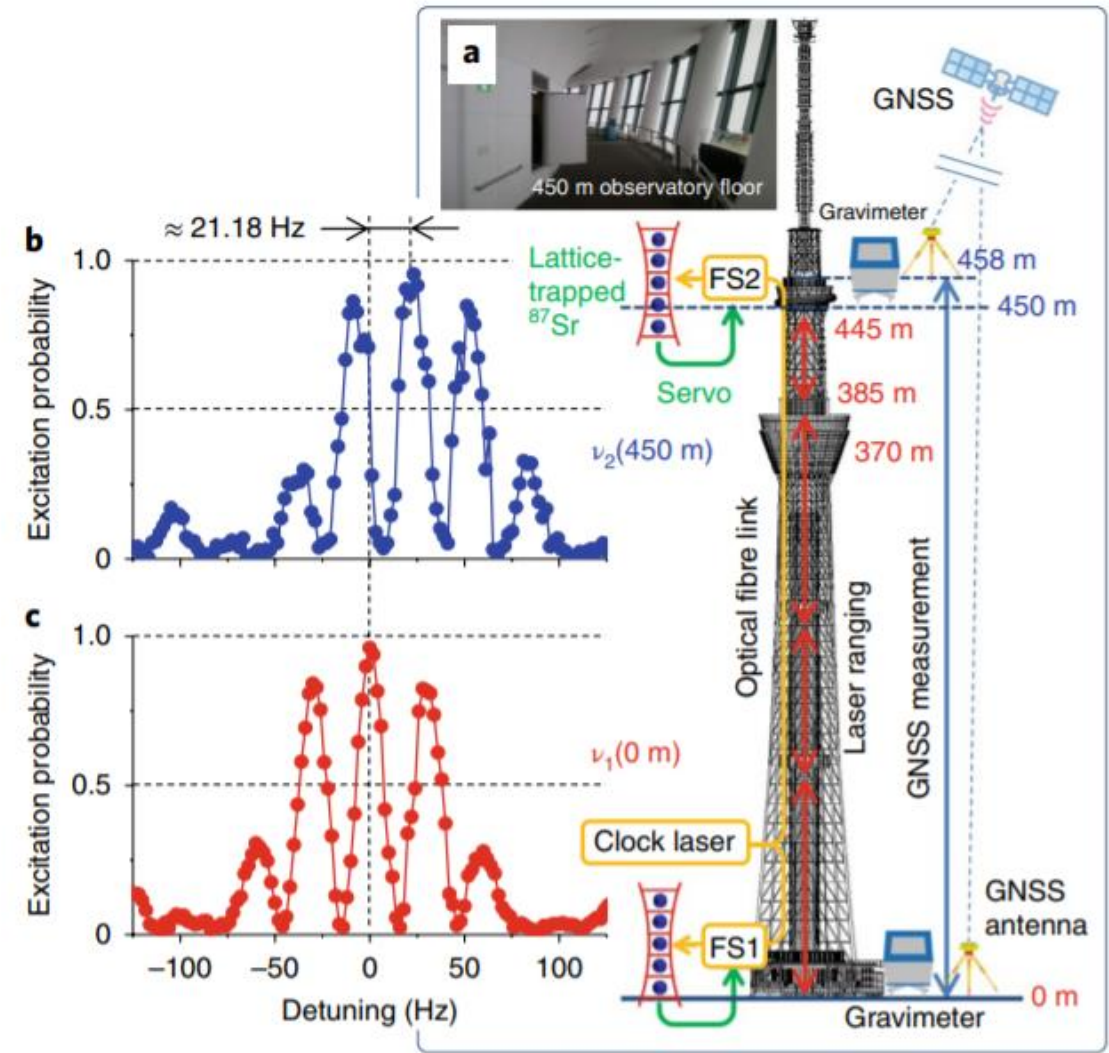


$$\nu' = \nu \left(1 + \frac{\Delta U}{c^2} \right)$$

Замедление времени



$$\tau' = \tau \left(1 - \frac{\Delta U}{c^2} \right)$$



M. Takamoto, Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks, Nature Photonics 14, 411 (2020)

Транспортируемые ионные часы: РКС-ФИАН, ВНИИФТИ

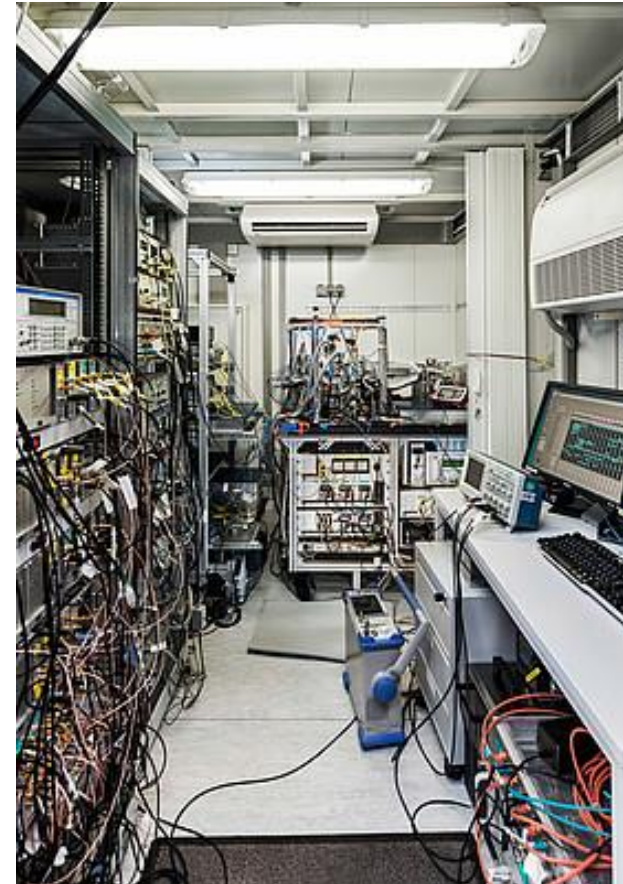
ион Yb^+ в ловушке Пауля

стандарт на нейтральном Yb



РКС-ФИАН $< 5 \times 10^{-16}$

В мире: Япония, США, Германия, Китай, Франция...



ВНИИФТРИ (ГЛОНАСС 22-30), 1×10^{-17}

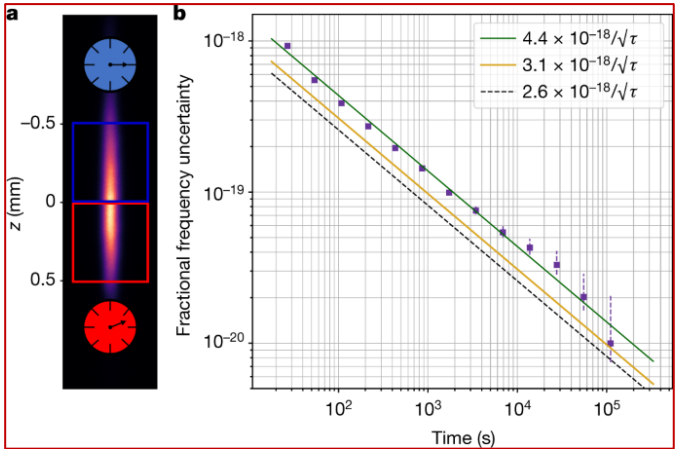
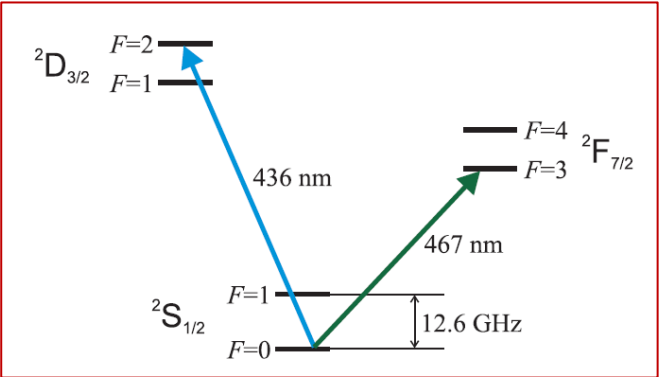
Фундаментальные задачи

• Гравиметрия в миллиметровом масштабе

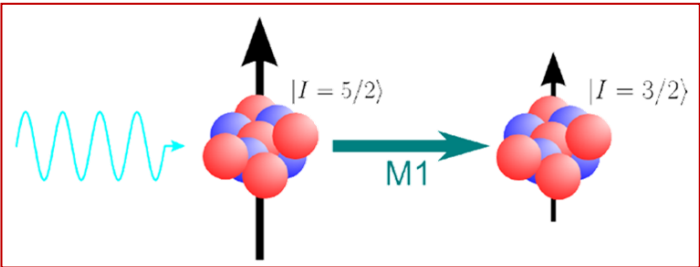
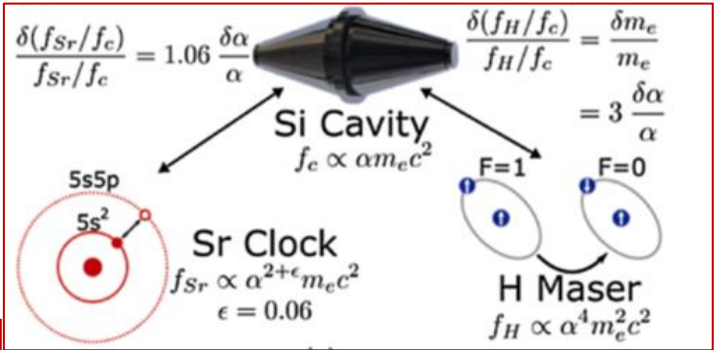
• Поиск дрейфа постоянной α

• Поиск темной материи

• Часы на ядерном переходе



$<1.0 \times 10^{-18}/\text{год}$



**Физический институт
им. П.Н. Лебедева РАН**

100 лет
со дня рождения
НИКОЛАЯ
БАСОВА

1922 _____ 2022

