УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

Измерения в радиофизическом эксперименте

Краткий практический курс

Евгений Львович Свечников

evgenii.svechnikov@metalab.ifmo.ru

ЦЕЛЬ КУРСА – сформировать у студентов необходимые для практической работы представления в области измерений в радиофизике и достаточные для эффективного поиска конкретной информации в доступных источниках (преимущественно, в интернете).

Курс ориентирован на возможности современной радиофизической лаборатории и не содержит в явном виде многих разделов, традиционных как для полных курсов радиоизмерений, так и для соответствующей учебной литературы; в частности, нет разделов, посвященных измерению конкретной физической величины (напряжения, тока). Вместо этого преимущественно рассматриваются возможности современных приборов и приемы работы с ними.

Наибольшее внимание уделяется измерениям на частотах дециметрового и сантиметрового диапазонов.

ЧТО ТАКОЕ

К ВОПРОСУ О РАДИОФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Современная формула ВАК (паспорт специальности 01.04.03) гласит:

РАДИОФИЗИКА – раздел физики, занимающийся изучением общих закономерностей генерации, передачи, приема, регистрации и анализа колебаний и волн различной физической природы и разных частотных диапазонов, а также их применением в фундаментальных и прикладных (ПИ) исследованиях

НАШИ ОГРАНИЧЕНИЯ:

- По природе колебаний – **область электромагнетизма**
- По частотам – **до 300 ГГц** (ориентировочно)

История радиофизики: Kudryavtsev-Diiser-24042018.pdf
документ с сайта old.ihst.ru

РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ – ЧТО ЭТО

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Под **радиофизическим экспериментом** здесь понимается любое экспериментальное исследование:

- полей возбужденных пространственных структур и объектов* (включая радиотепловое излучение),
- электрофизических свойств веществ и материалов (в том числе искусственных),
- процессов электромагнитной природы в нелинейных и параметрических цепях и устройствах.

Отдельного внимания заслуживают задачи, связанные с исследованием и использованием такого фундаментального явления (а точнее, комплекса явлений) в физике колебаний, как **резонанс**. *В частности, для совершенствования систем МРТ и БПЭ широко используются экспериментальные исследования ближних полей пространственных конструкций в резонансных режимах.*

* Решение обратной задачи – определение токов проводимости и смещения в области объекта под воздействием внешнего поля – может быть получено на основе так называемой теоремы взаимности

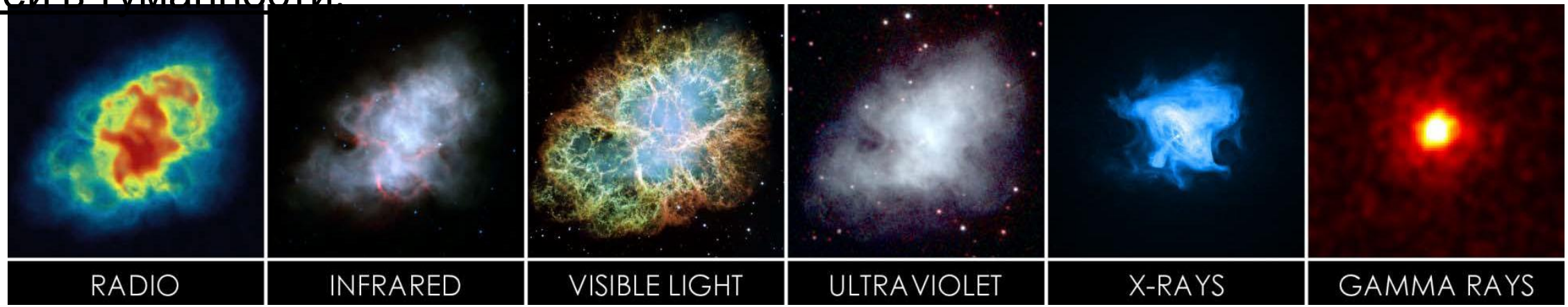
ЭТО ТОЖЕ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ В РАДИОДИАПАЗОНЕ

Крабовидная туманность – наиболее изученный остаток взрыва сверхновой. На рисунке представлены ее телескопические изображения в разных диапазонах длин волн.

Радиоизлучение генерируется быстрыми электронами при движении в магнитном поле. Поле заставляет электроны поворачиваться, то есть двигаться ускоренно, а при ускоренном движении заряды испускают электромагнитные волны. По полученному изображению можно судить о характере магнитных полей в туманности.



ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, 2012, № 3, с. 63–74

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

УДК 520.272.28

СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА РТ-32

© 2012 г. М. Н. Кайдановский, Н. Ю. Белоусов, В. Ю. Быков, Г. Н. Ильин, И. Г. Рубин, В. Г. Стэмпковский, А. М. Шишикин

Институт прикладной астрономии РАН

Россия, 191187, С.-Петербург, наб. Кутузова, 10

Поступила в редакцию 20.07.2011 г.

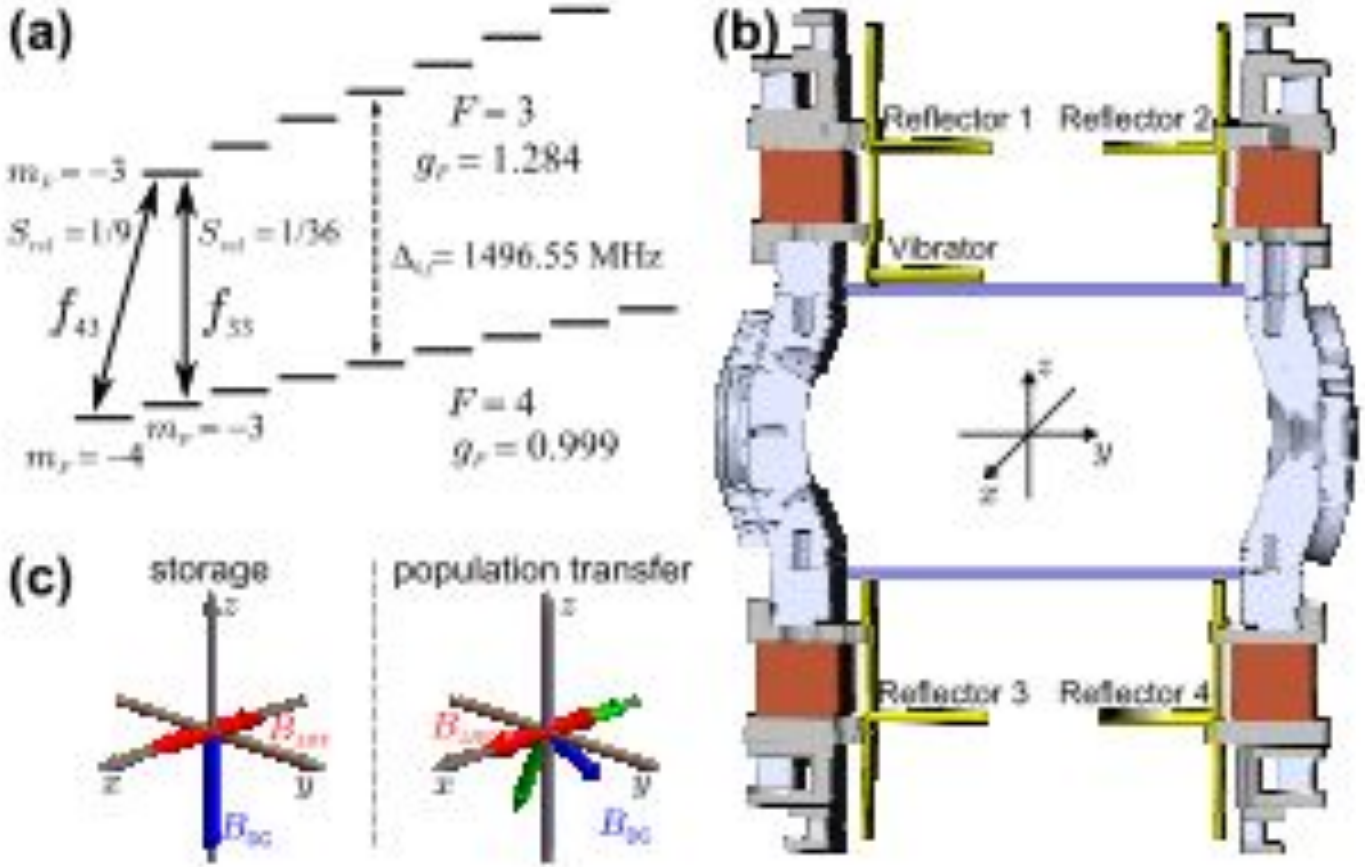
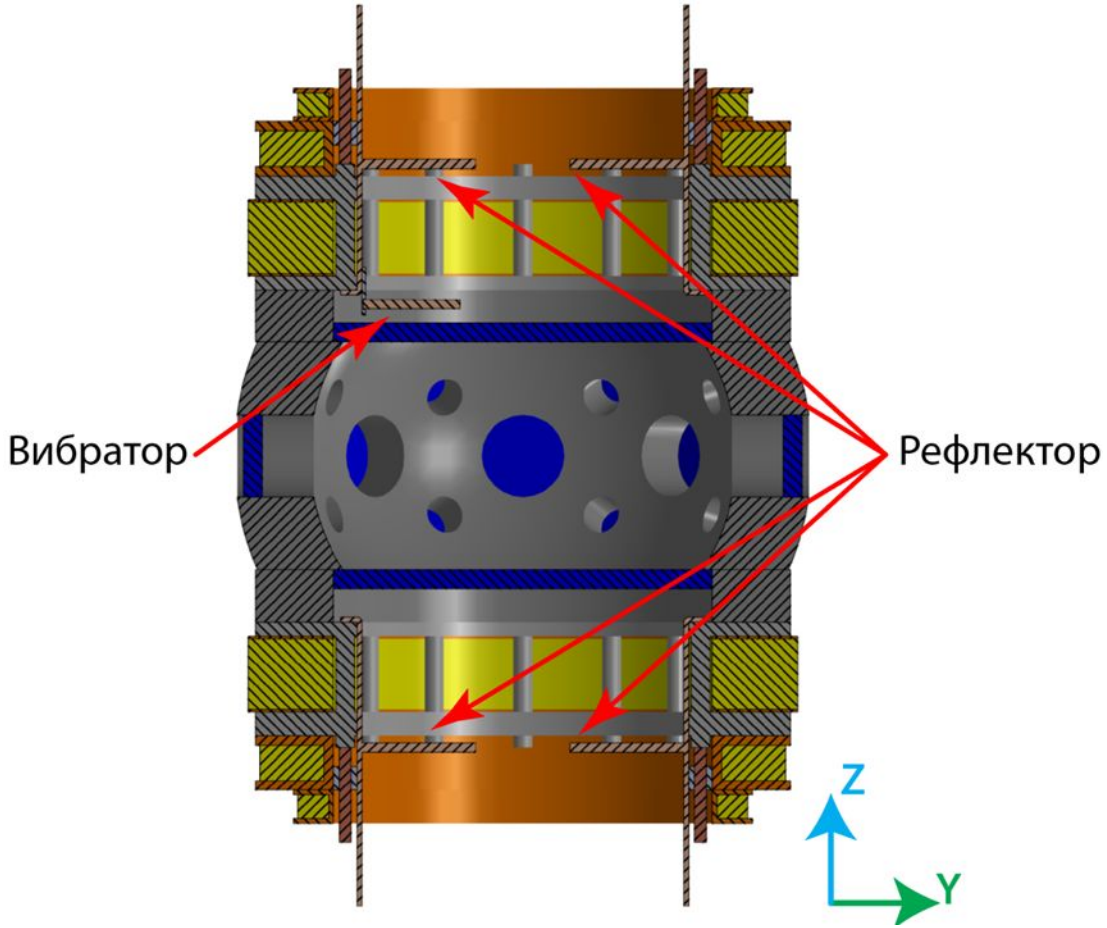
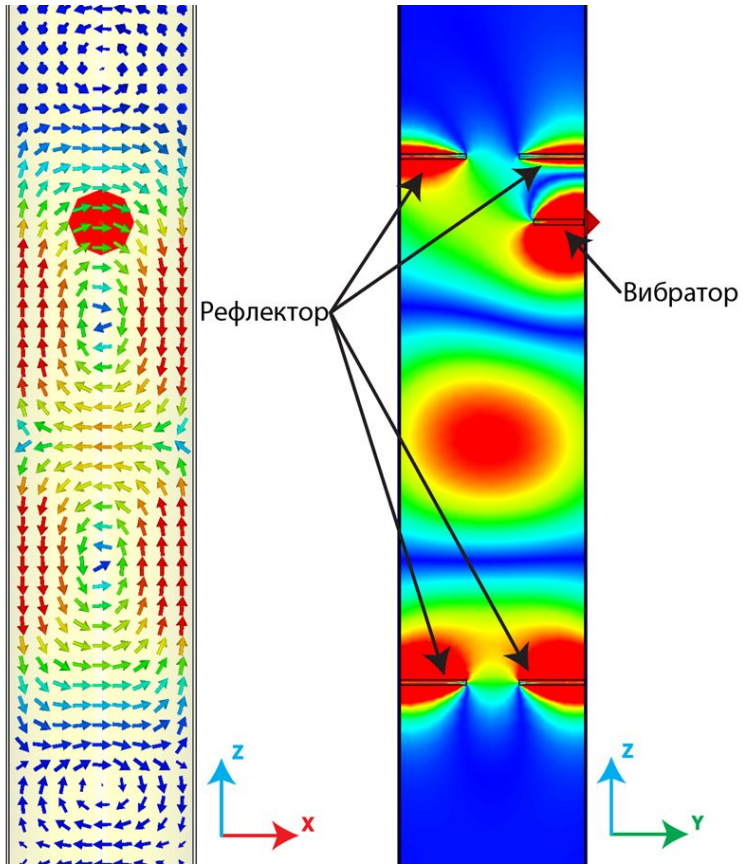
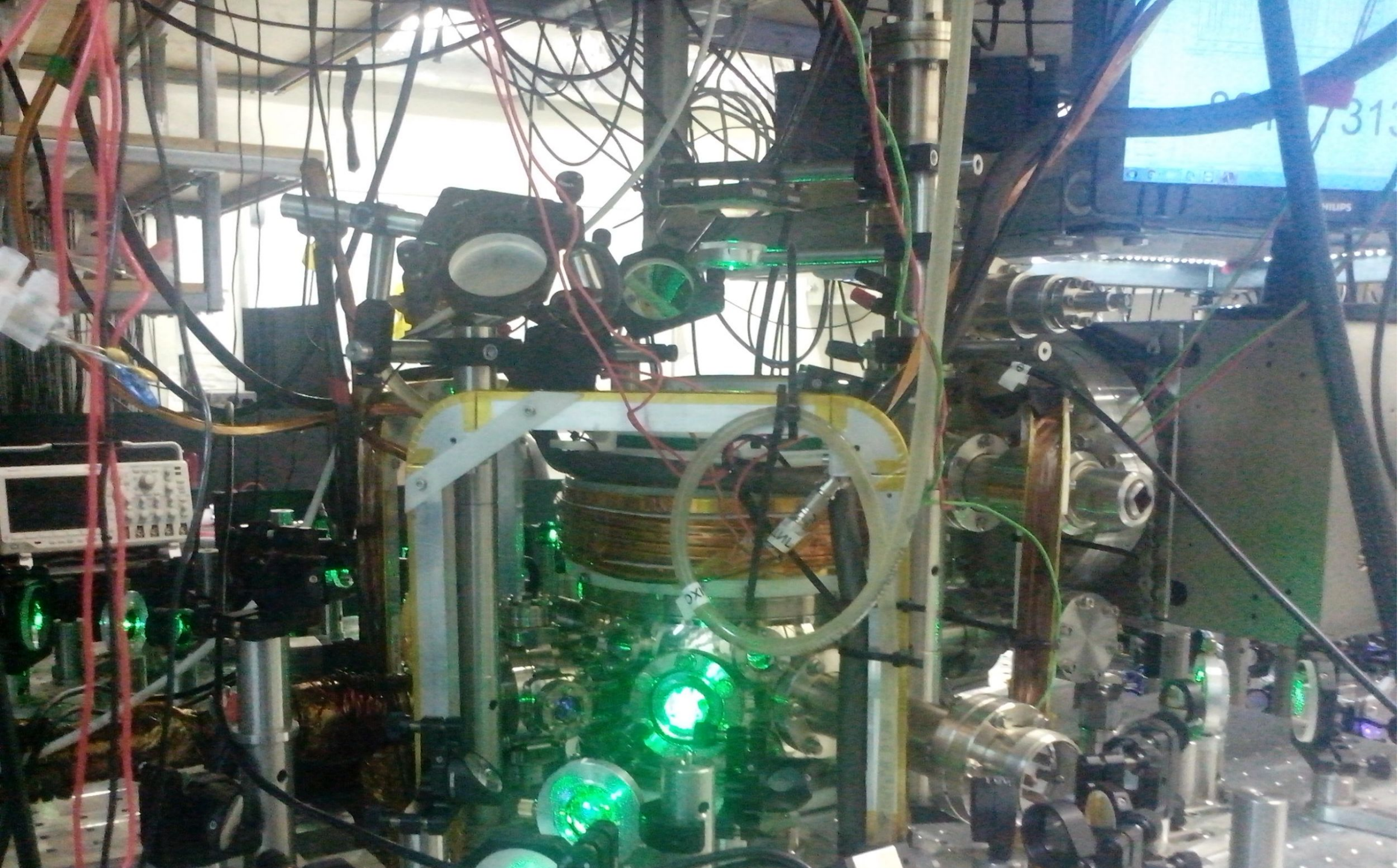


FIG. 1. (a) Level scheme of the thulium atom ground state. F stands for the total atom momentum; m_F for its projection onto the quantization axis (dc magnetic field); S_{rel} for the relative strength of the transition, or square of the 3-j symbol of the transition; f for the transition frequency; g for the Landé g factor; and Δ_{hf} for the hyperfine splitting frequency. (b) Vacuum chamber with MW antenna installed. (c) Orientations of the dc and MW magnetic fields used in the experiments. Green arrows indicate components of the dc magnetic field along the MW magnetic field direction and perpendicular to it.


Вибратор
Рефлектор
Z
Y


Рефлектор
Вибратор
Z
X
Z
Y



ИСТОЧНИКИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ:

Исчерпывающую информацию о современных понятиях и терминах (русскоязычных и англоязычных) в метрологии можно найти, например, в документе:

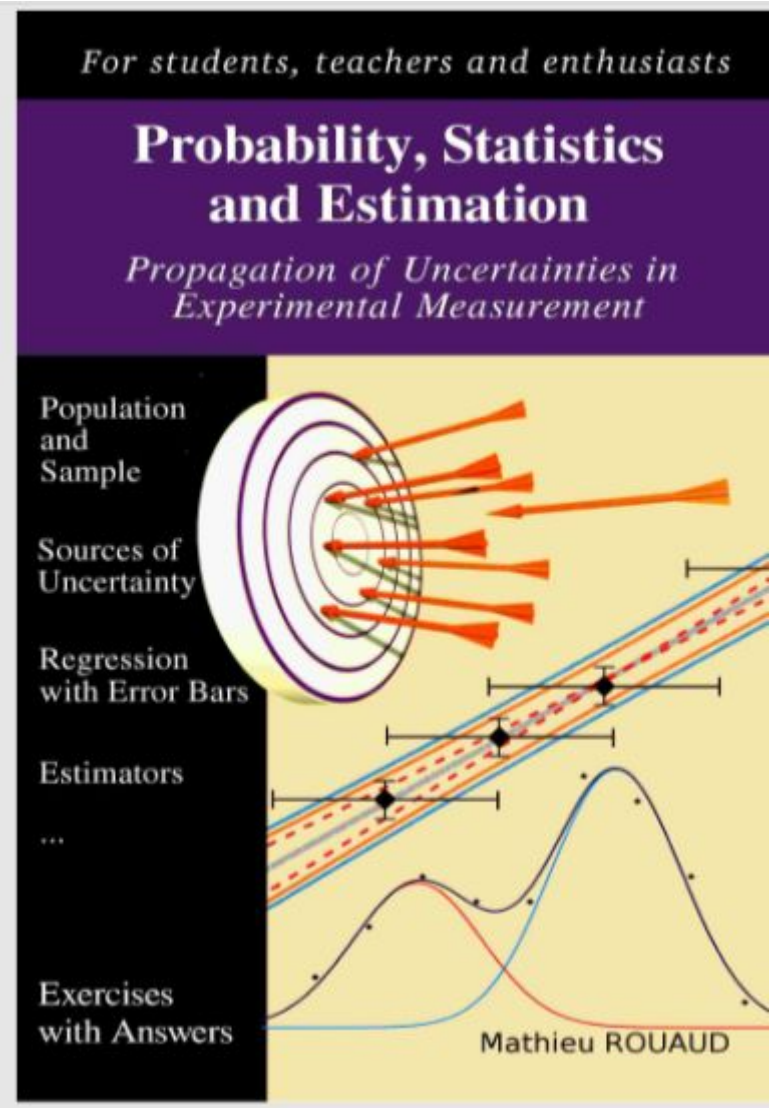
РМГ 29-2013 (РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ Государственная система обеспечения единства измерений, МЕТРОЛОГИЯ, Основные термины и определения, State system for ensuring the uniformity of measurements. Metrology. Basic terms and definitions), или в издании **Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины**: пер. с англ. и фр. Изд. 2-е, испр. — СПб.: НПО "Профессионал", 2010. — 82 с. ISBN 978-5-91259-057-3, УДК 006.91(038) М43

Ответы на многие вопросы можно найти в современных учебных пособиях по общим вопросам метрологии и радиоизмерений, например:

Данилин А. А., Москалец Д. О., Сосновский В. А. Д18 **Приборы и техника радиоизмерений в вопросах и ответах**: учеб. пособие / под ред. А. А. Данилина. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 124 с.

Метрология и электрические измерения: учебное пособие / Е. Д. Шабалдин [и др.]; под ред. Е. Д. Шабалдина. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 320 с. (хорошо про погрешности, но нет СВЧ)

АНГЛОЯЗЫЧНЫЙ



Информацию об оценке неопределенности измерений эксперимента можно найти, например: Rouaud, Mathieu. "**Probability, Statistics and Estimation: propagation of uncertainties in experimental measurement**." *Mountain View, CA: Creative Commons* (2013)

Лекционный курс (14 – 15 лекций)

1. *Общие вопросы экспериментальных исследований и измерений в радиофизике – задачи, специфика частотных диапазонов, единицы измерения, точность и неопределенности результатов.*
2. *Основная современная электро- радиоизмерительная аппаратура и особенности ее использования в эксперименте (мультиметры и измерители RLC., осциллографы, измерительные генераторы и приемники, анализаторы спектра, векторные анализаторы цепей)*
3. *Отдельные виды измерений: электрофизические параметры веществ и материалов, параметры антенн и полей, характеристики рассеяния тел, измерения в безэховой камере*

Лабораторный практикум (4 работы)

1. *Измерения параметров цепей с помощью мультиметров и измерителей RLC (низкие частоты)*
2. *Измерения параметров цепей с помощью векторных анализаторов (радиочастоты, включая СВЧ)*
3. *Измерения параметров сигналов с помощью осциллографа и иные осциллографические измерения*
4. *Измерения параметров сигналов с помощью анализатора спектра*