



179(23) заседание Межпредметного семинара

посвященное

**Дню Космонавтики и 50-летию полёта в космос
Ю.А.Гагарина**

Проблемы космологии и лабораторная астрофизика

д.ф.-м.н. Беляев Вадим Северианович

(начальник отдела внеатмосферной астрономии ЦНИИМаш)



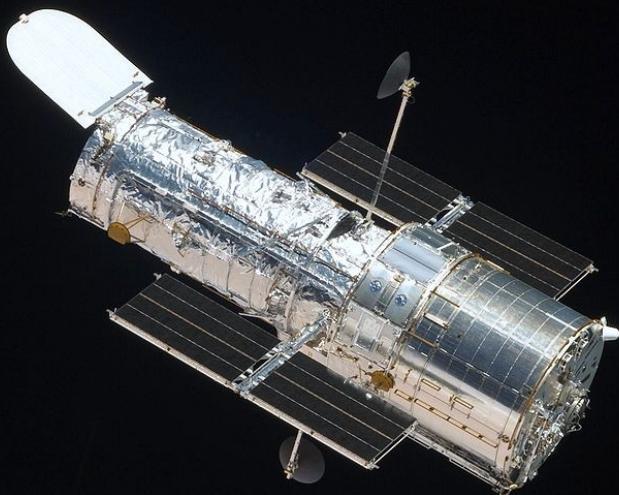
Проблемы космологии



- конфликт: квантовая физика и ОТО
- физика элементарных частиц (суперструны и т.д.), квантовая космология
- космологическая проблема, инфляция, Λ -член
- гравитационные волны, их детектирование
- нейтронные звезды, пульсары, магнитары
- сверхновые звезды, гиперновые, гамма-всплески
- квазары, блазары, ядра галактик
- происхождение космических лучей высокой энергии
- нейтриноная физика и космология
- экзопланеты, суперземли, жизнь во Вселенной
- гипотетические объекты: черные дыры, кротовые норы, космические струны

Основные действующие космические телескопы

Hubble 1990



Видимый диапазон

Chandra 1999



Рентгеновский диапазон

Herschel
2009



Инфракрасный
диапазон

60-600 μ
L2
 \varnothing 3.5 m
 $f = 28.5$ m
ESA

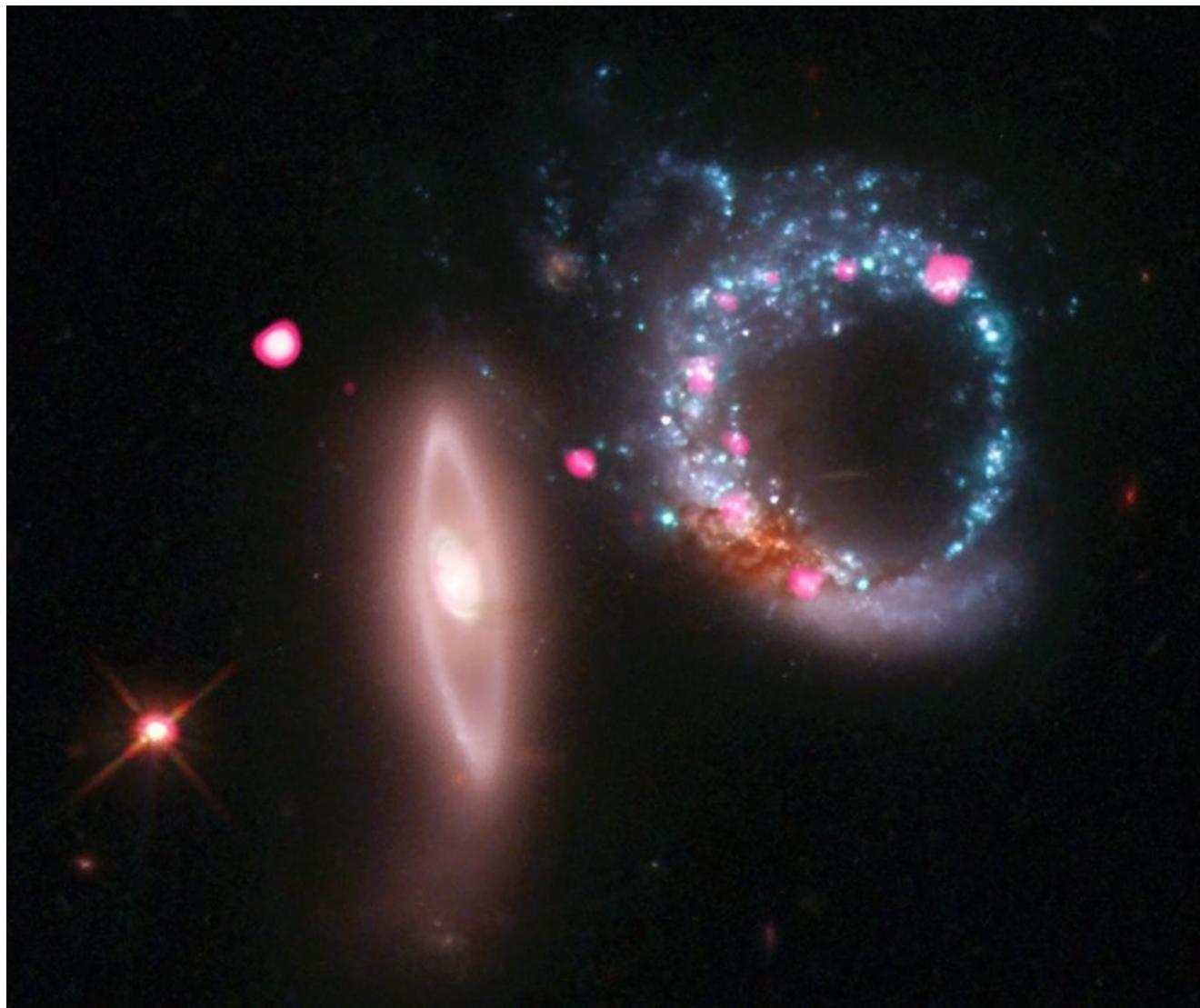
Planck 2009



Микроволновый
диапазон

350-
10000 μ
 \varnothing 1.5 m
L2
ESA

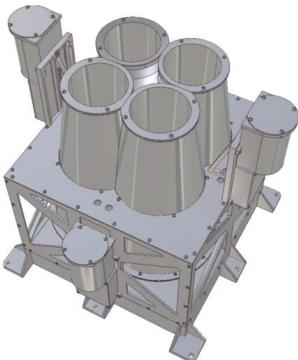
Arg 147 – объект, находящийся в созвездии Кита и удаленный на 430 млн. световых лет. Нынешний внешний вид скопления является результатом столкновения в прошлом спиральной и эллиптической галактик. Встреча привела к образованию исполинских размеров кольца из молодых звезд, большая часть которых из-за своей огромной массы превратилась в сверхновые, оставив после себя нейтронную звезду или черную дыру. О том, что кольцо просто «кишит» черными дырами, ученые сделали вывод на основании регистрации мощных потоков рентгеновского и гамма-излучений, исходящих из области кольца.



Российский прибор «Конус-Винд» на борту американского КА «Винд» исследует всплески космического гамма-излучения

Аппаратура КОНУС была разработана и изготовлена в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН. Спутник Wind был запущен 1 ноября 1994г. на орбиту, расположенную в межпланетном пространстве между Землей и точкой либрации L1. Аппаратура КОНУС была включена 11 ноября 1994г. и с тех пор непрерывно ведутся наблюдения.

Аппаратура эксперимента КОНУС-ВИНД обладает высокой чувствительностью в широком диапазоне энергий гамма-излучения, оптимальной программой регистрации временных и спектральных параметров гамма-всплесков и возможностью постоянного обзора всей небесной сферы в условиях отсутствия регулярных помех, характерных для околоземных орбит. За 15 лет получен огромный массив информации о более чем 3500 всплесках и активности всех известных гамма-репитеров.



Приборы «ХЕНД» и «ЛЕНД» на борту американских орбитальных аппаратов, которые уже позволили построить карты распределения водяного подповерхностного льда соответственно на Марсе и на Луне

Прибор ХЕНД успешно работает на борту КА НАСА «2001 Марс Одиссей».

Прибор ЛЕНД успешно работает на борту лунного орбитального аппарата NASA «Lunar reconnaissance orbiter».

Эксперименты ЛЕНД и ХЕНД имеют общую методологию – исследование методами ядерной планетологии состава грунта небесного тела и поиск воды на нем с борта космического аппарата. Основные задачи, стоящие перед инструментом ЛЕНД – поиск водорода и водных ресурсов на Луне, а также измерение радиационного фона для подготовки пилотируемых экспедиций. Целью эксперимента является достижение 5 км пространственного разрешения в полярных районах Луны во время построения карт концентрации водорода, при возможности отличить места, где концентрация достигает 10^{-4} по массе, от мест, где концентрация водорода находится на «фоновом» уровне $5 \cdot 10^{-5}$.

Прибор «РИМ-ПАМЕЛА» на борту российского КА «Ресурс-ДК»



Магнитный спектрометр «ПАМЕЛА», установленный на борту КА «Ресурс-ДК1», осуществляет прецизионные измерения энергетических спектров заряженных высокоэнергичных космических лучей: антiproтонов, протонов, легких ядер и ядер средней группы, электронов и позитронов.

- измерение спектра антiproтонов от 80 МэВ до 190 ГэВ (существующий предел 50 ГэВ);
- измерение спектра позитронов от 50 МэВ до 270 ГэВ (существующий предел 30 ГэВ);
- измерение спектра ядерной компоненты космических лучей (от Н до С) от 100 МэВ/нукл до 200 ГэВ/нукл.

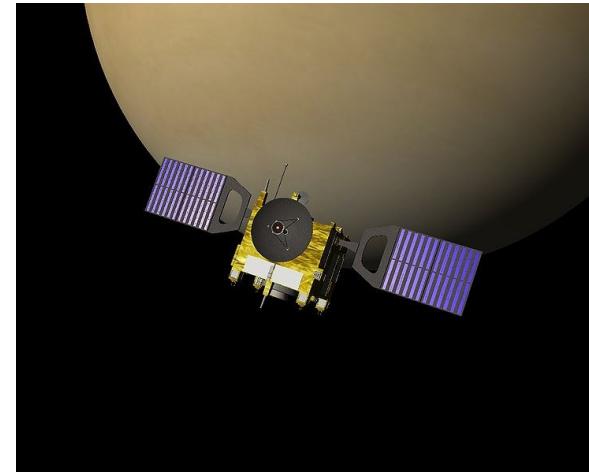
Работа прибора принесла очень ценную экспериментальную информацию – обнаружено аномальное возрастание отношения потоков галактических позитронов к суммарному потоку позитронов и электронов, что может интерпретироваться как первое свидетельство регистрации частиц тёмной материи

Созданные с участием российских специалистов приборы, которые входят в комплексы научной аппаратуры европейских космических аппаратов
«Марс-Экспресс» и «Венера-Экспресс».



Июнь 2003

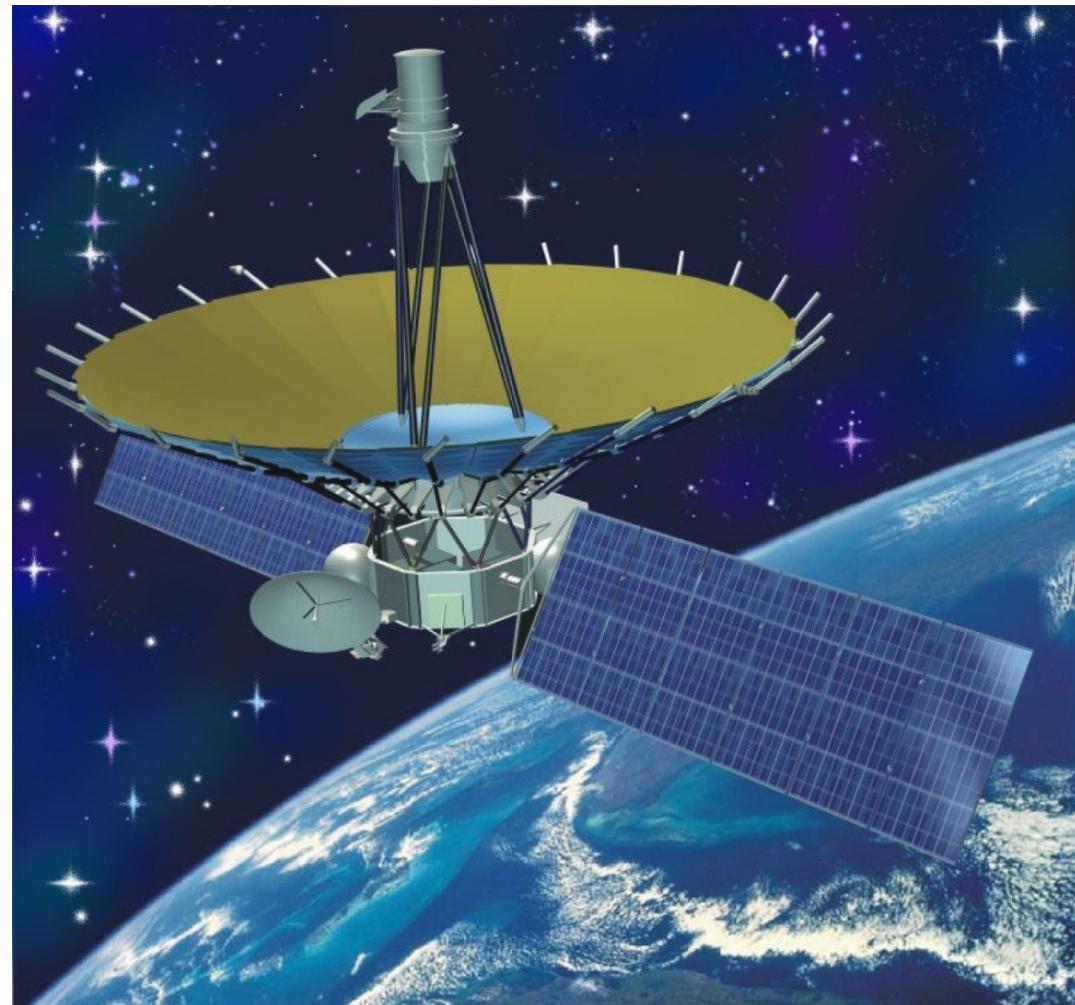
-
Август 2014



Ноябрь 2005

-
Август 2014

2011 Спектр-Р (Радиоастрон)



Рабочий диапазон длин волн
13.5 мм – 0.93 м

Рабочие частоты
0.324, 1.665, 4.83, 22.235 ГГц

Диаметр антенны
 $D = 10$ м

Орбита
высокоэллиптическая 33000/600 км
наклонением 51.3°, период
обращения 8,2 суток.

Образует радиоинтерферометр со
сверхдлинной базой для получения
изображений, координат и угловых
перемещений различных объектов
Вселенной с разрешением
до 1 угл. мкс.

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов радиоастрофизических наблюдений внегалактических объектов со сверхвысоким разрешением методами радиоинтерферометрии совместно с сетью наземных радиотелескопов в диапазонах длин волн 1,35 - 6 см, 18 см, 92 см, а также исследование свойств околоземной и межпланетной плазмы.

2013 Спектр-РГ (Спектр-Рентген-Гамма)



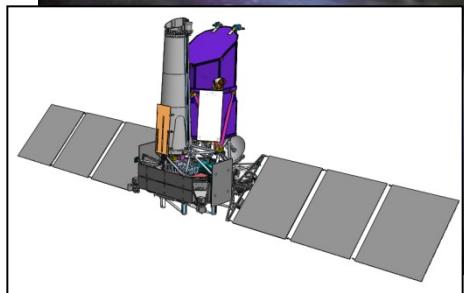
Рабочий диапазон энергий	0.5 – 30 кэВ
Эффективная площадь зеркала телескопа	1000 см ²
Орбита	точка Лагранжа L2

Исследование астрономических объектов в рентгеновском и “мягком” гамма диапазоне электромагнитного спектра

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов исследований астрономических объектов в рентгеновском и гамма-диапазонах

СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ ФКИ

Астрофизические обсерватории



«СПЕКТР-РГ», Россия
полёт – с 2012 года



Chandra, НАСА
полёт – с 1999 года

Диапазон/разрешение:

0,5-10 кэВ/ $< 15''$ дуги (при 1 кэВ) и 6-30 кэВ/ $< 1'$ \leftrightarrow 0,1-10 кэВ/ $< 1''$ дуги.

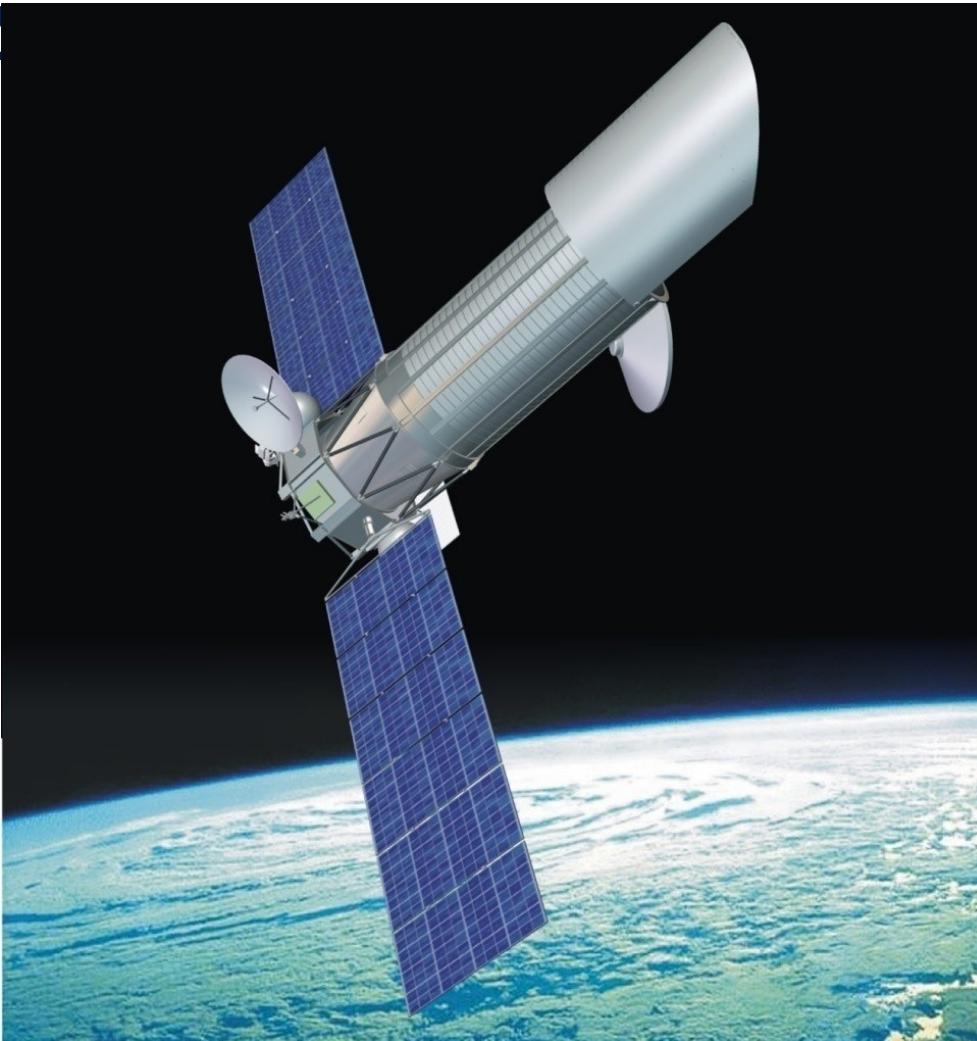
Гарантийный срок существования:

7 лет \leftrightarrow 5 лет (работает более 10 лет).

Скорость передачи научной информации:

512 кбод \leftrightarrow 512 кбод.

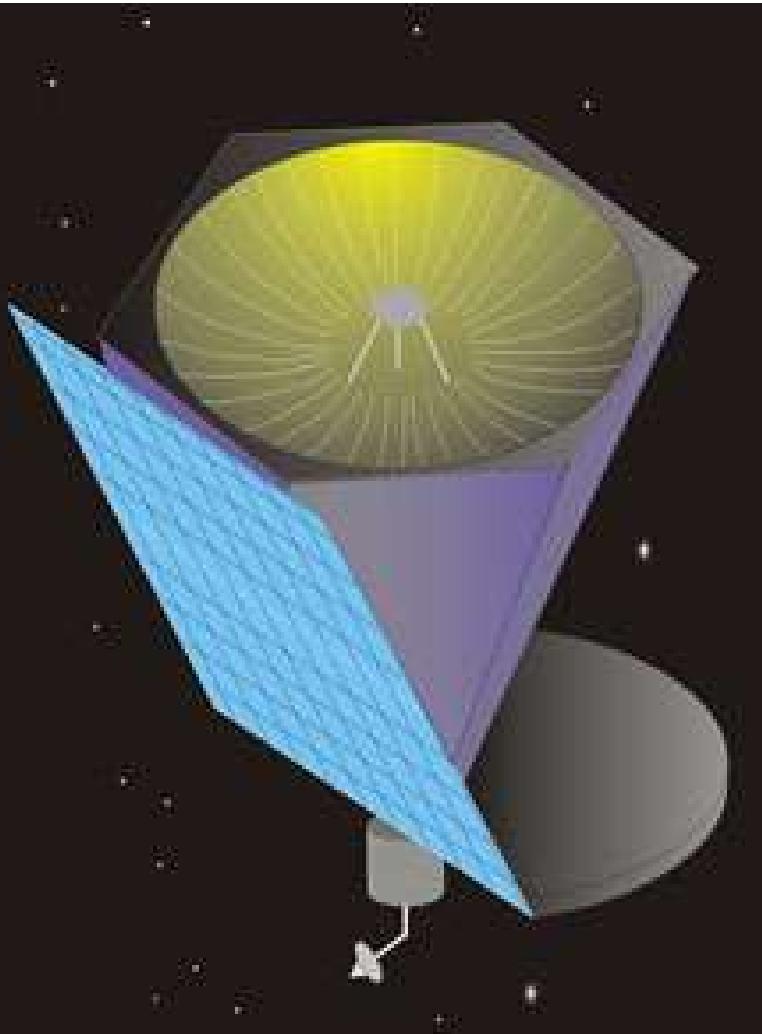
2014 Спектр-УФ (Всемирная Космическая Обсерватория -



Рабочий диапазон длин волн	110 – 350 нм
Полный диапазон длин волн	102 – 800 нм
Телескоп схемы Ричи-Кретьена	
Диаметр главного зеркала	1.7 м
Фокусное расстояние	17.0 м
Орбита	круговая, наклонение 51.4°, период обращения 24 часа.
Исследование Вселенной в ультрафиолетовом участке электромагнитного спектра	

Астрофизическая обсерватория, обеспечивающая получение результатов исследований астрономических объектов в диапазоне волн электромагнитного излучения от 1000 до 3500 ангстрем и динамики происходящих в них процессов

2018 Спектр-М (Миллиметрон)



Рабочий диапазон длин волн

10 мкм – 20 мм

Диаметр главного зеркала

12 м

Температура поверхности зеркала

4.0 К

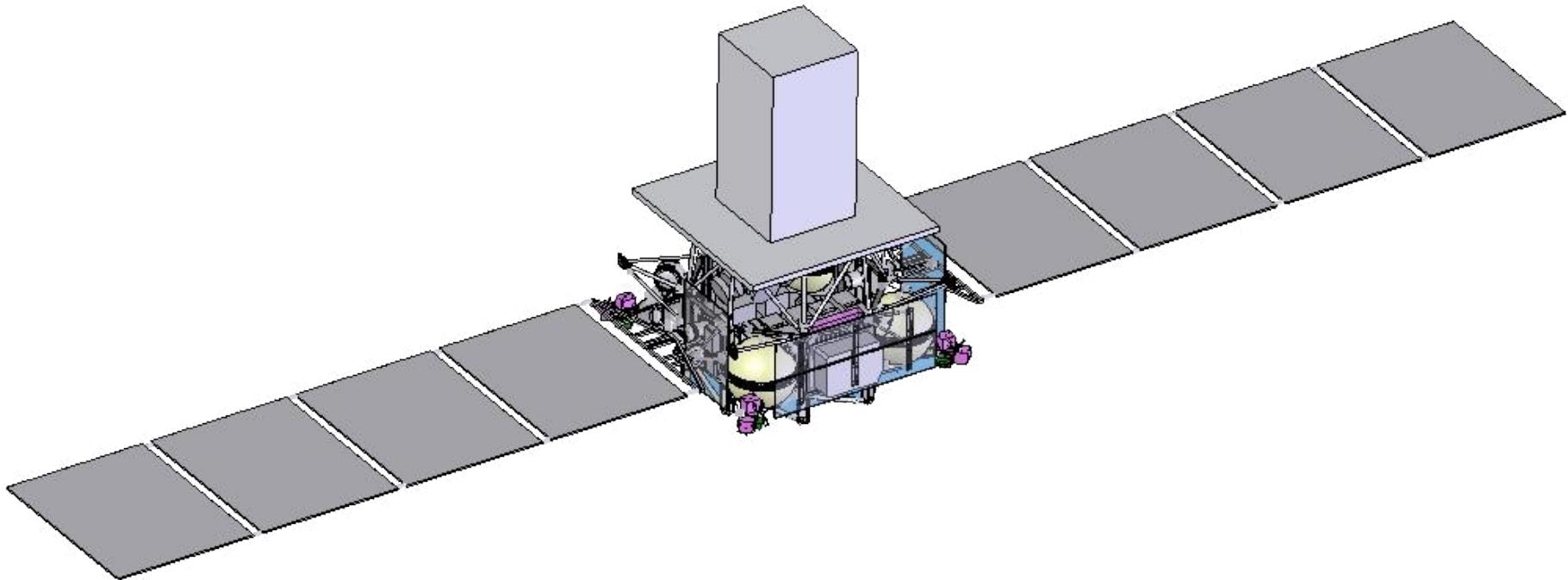
Температура в криокотейнере

0.1 К

Исследование астрономических объектов со сверхвысокой чувствительностью в миллиметровом, субмиллиметровом и дальнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитного излучения.

Космическая обсерватория и функционирующий на ее основе интерферометр с угловым разрешением до 30 наносекунд дуги, обеспечивающие получение уникальной информации о глобальной структуре Вселенной, о строении и эволюции галактик, их ядер, звезд и планетных систем, а также об органических соединениях в космосе, объектах со сверхсильными гравитационными и электромагнитными полями.

2015-2017 Гамма-400



Рабочий диапазон энергий

1 – 3000 ГэВ

Угловое разрешение

до 0.01°

Энергетическое разрешение

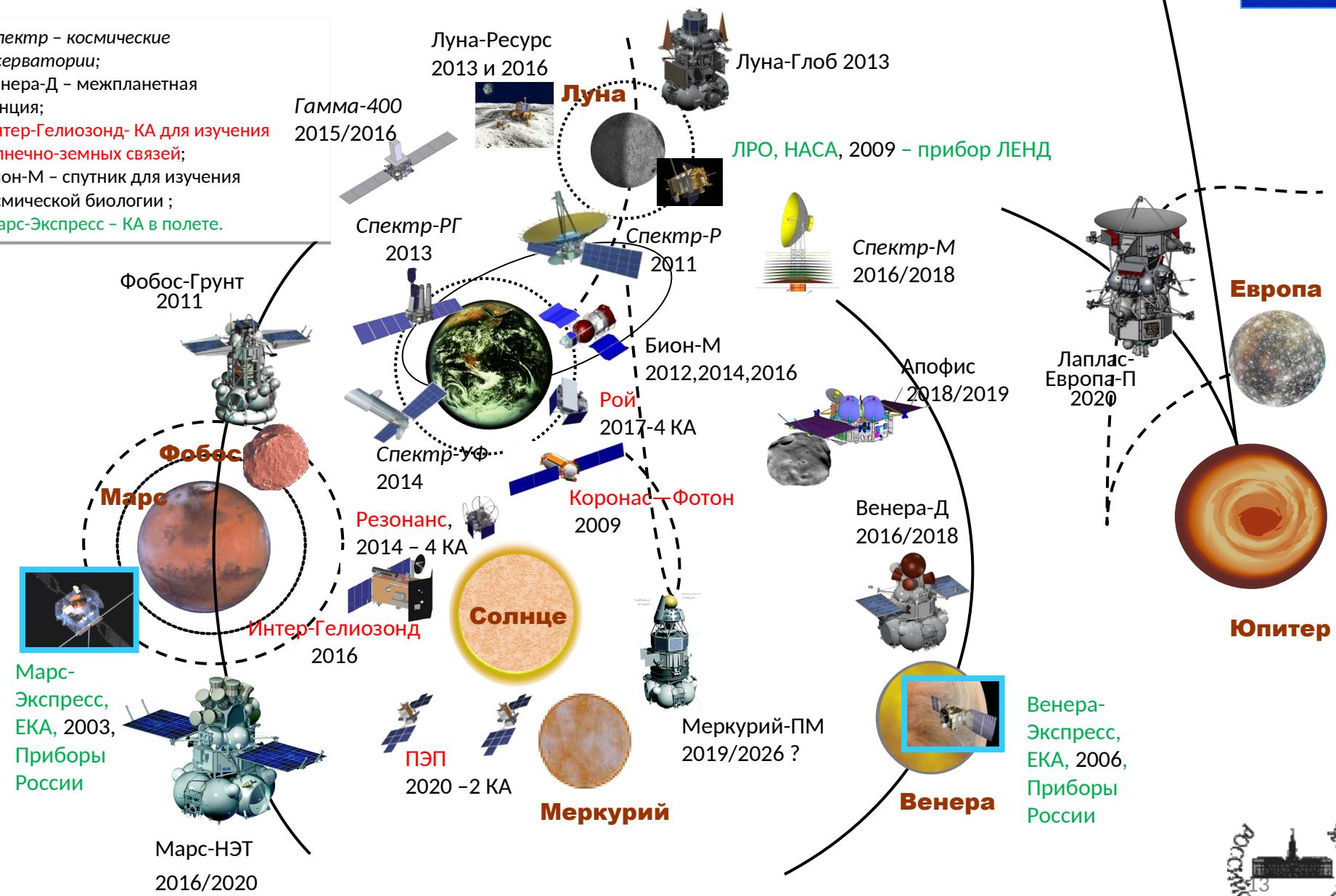
~ 1%

Космическая обсерватория, обеспечивающая получение данных для определения природы "темной материи" во Вселенной, развития теории происхождения высокоэнергетичных космических лучей и физики элементарных частиц

РОССИЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – ведущиеся и планируемые до 2020г. полёты



- Спектр – космические обсерватории;
- Венера-Д – межпланетная станция;
- Интер-Гелиозонд- КА для изучения Солнечно-земных связей;
- Бион-М – спутник для изучения космической биологии ;
- Марс-Экспресс – КА в полете.



Лабораторная астрофизика

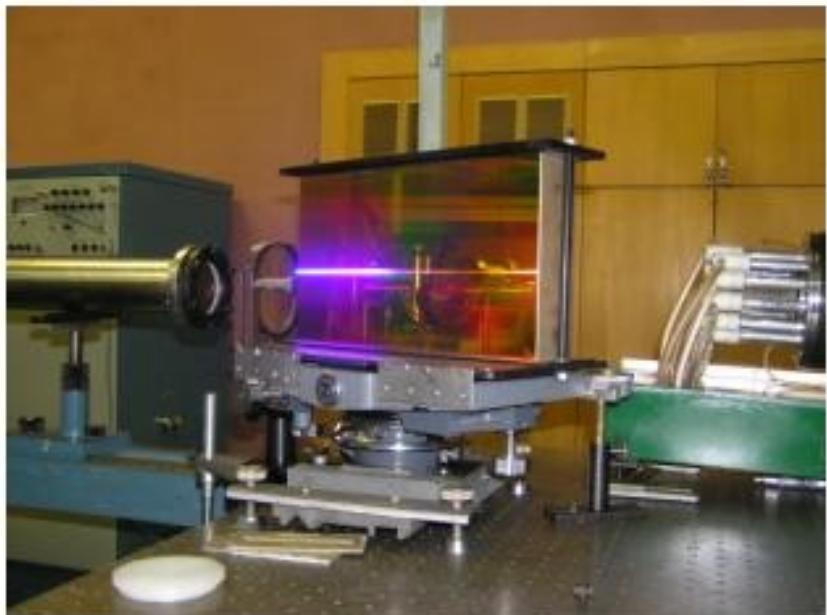
Основные направления исследований

- легкогазовые пушки, метательные устройства;**
- взрывные генераторы;**
- магнитокумулятивные генераторы;**
- сильноточные генераторы импульсов электрических токов;**
- ускорители заряженных частиц;**
- лазеры**

Исследования по лабораторной астрофизике

- **University of Rochester**
- **Osaka University**
- **Lawrence Livermore National Laboratory**
- **Ecole Polytechnique**
- **Rutherford-Appleton Laboratory**
- **Los Alamos National Laboratory**
- **Atomic Weapons Establishment Laboratory**
- **Sandia National Laboratory**
- **Imperial College London**
- **University of Michigan**

Экспериментальная база отдела – установка НЕОДИМ



$$J = 3 \cdot 10^{18} \text{ Вт/см}^2$$

$$\varepsilon = 15 \text{ Дж}$$

$$\tau = 10^{-12} \text{ сек}$$

Комплекс диагностики плазмы



Рентгеновский спектр

Рентгеновский фокусирующий спектрометр с высоким пространственным разрешением на основе сферического кристалла слюды или кварца
 $\lambda = 7 \div 9 \text{ \AA}$, $\Delta\lambda \geq 5000$



Нейтронное излучение

Высокочувствительный активационный детектор нейтронов на основе реакции $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}$ чувствительность 0,5 единицы/(н/см²)



Нейтронное излучение

Всеволновой детектор нейтронов на основе ^3He счетчиков
 $E = 0 \div 10 \text{ МэВ}$
Эффективность 50%



Нейтронное и γ -излучение

Детекторы на основе стильбеновых ($\text{C}_{14}\text{H}_{16}$) и пластиковых сцинтилляторов
 $E_{\gamma} = 100 \text{ кэВ} \div 10 \text{ МэВ}$
 $E_n = 0,5 \text{ МэВ} \div 10 \text{ МэВ}$



γ -излучение

γ -детектор на основе кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$

$$E_{\gamma} = 10 \text{ кэВ} \div 5 \text{ МэВ}$$

Заряженные частицы

Трековый детектор типа CR-39 с фильтрами

Плазма, образованная воздействием на мишень $J > 10^{19}$ Вт/см², $\tau < 10^{-12}$ сек

Температура	T_i	100 кэВ
Давление	P	10^{11} атм
Магнитные поля	B	10^9 Гс (700 МГс)
Электрические поля	E	10^{12} В/см
Плотность электронов	U_e	10^{23} см ⁻³
Энергия электронов	E_e	350 МэВ
Энергия протонов	E_p	60 МэВ

Результаты экспериментальных исследований

1. Генерация быстрых электронов

$E_e = 1 - 7 \text{ MeV}$ γ -детекторы

$N_\gamma = 10^9$ $^{9}\text{Be}(\gamma, n)^{2\alpha}$ $E_{\text{ПОР}} = 1.67 \text{ MeV}$

$N_\gamma = 10^3$ $^{181}\text{Ta}(\gamma, n)^{180}\text{Ta}$ $E_{\text{ПОР}} = 7.56 \text{ MeV}$

$E_p = 1.9 - 5.0 \text{ MeV}$ $^{7}\text{Li}(p, n)^{7}\text{Be}$

$N_p = 10^9$ $E_{\text{ПОР}} = 1.88 \text{ MeV}$

$T_{i,\text{ПРОМ}} = 35 \text{ keV (17\%)}$ $E_{i,\text{MAX}} = 1.4 \text{ MeV}$

$T_i = 350 \text{ keV}$ $E_{\text{НАПР},i} = 25 \text{ keV}$ – направленное
движение вглубь мишени

3. Генерация быстрых ионов

4. Исследование реакции синтеза



a) $Y_n \approx 10^5$ для $(\text{CD}_2)_n$ -твердотельной мишени, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

$(\text{CD}_2)_n$ -пенной мишени $\rho = 10 \div 50 \text{ mg/cm}^3$

b) Y_n от $K = I_0/I_{\text{PREPULSE}} = 10^1 \div 10^9$ $t_{\text{ПРЕД1}} = 1.5 \text{ ps}$ $\Delta t = 14 \text{ ns}$
 $t_{\text{ПРЕД2}} = 4 \text{ ns}$ $t_{\text{ПРЕД3}} = 1.5 \text{ ps}$ $\Delta t = 25 \text{ ps}$

5. Исследование перспективных реакций синтеза

$^{6}\text{Li}(\text{d}, \alpha)^4\text{He}$ $Y_\alpha \approx 2 \times 10^3$ $E_{\alpha, \text{СРЕДН}} \approx 11 \text{ MeV}$

$^{11}\text{B}(\text{p}, \alpha)^2\alpha$ $Y_\alpha \approx 5 \times 10^3$ $E_\alpha = 3 \div 10 \text{ MeV}$

$^3\text{He}(\text{d}, \text{p})^4\text{He}$ $Y_\alpha = Y_p \approx 3 \times 10^3$ $E_p = 14.7 \text{ MeV}$ $E_\alpha = 3.7 \text{ MeV}$

$^{7}\text{Li}(\text{p}, \alpha)^4\text{He}$ $Y_\alpha = 3 \times 10^3$ $E_\alpha = 14.7 \text{ MeV}$

6. Предложен метод для оценки магнитных полей в лазерной плазме по регистрации плазменных сателлитов рентгеновских линий ионов

L_{Y_α} F IX $B \approx 40 \text{ MGs}$ $I = 2 \times 10^{17} \text{ W/cm}^2$

$14.93 \div 15.05 \text{ \AA}$ $B = 60 \text{ MGs}$ $I = 3 \times 10^{17} \text{ W/cm}^2$

Лазеры приводят в действие более чистые реакции ядерного синтеза.

Безнейтронные реакции не производят радиоактивных отходов.

Марк Пеплов

Российским ученым удалось использовать лазер для создания области первоначального инициирования волны термоядерного горения (файербола) с температурой порядка миллиард градусов. Это привело к реализации ядерных реакций синтеза гораздо более экологически чистых, чем те, которые исследуются сейчас для получения ядерной энергии.

К сожалению усилия коллектива ученых пока не приводят к производству энергии, т.к. энергия лазерного излучения больше производимой ядерной энергии. Но создание в лаборатории этого направления лазерного термоядерного синтеза дает ученым перспективное направление исследований, т.к. оно может привести к созданию экологически чистых источников энергии.

В настоящее время основное направление ядерной энергетики базируется на удержании горячей плазмы атомных ядер с помощью сильных магнитных полей. Эксперты по ядерному синтезу надеются, что Международный термоядерный экспериментальный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)), который строится во французском городе Кададаш, позволит проводить синтез ядердейтерия и трития, и таким образом получать энергию.

Но эта реакция производит огромное количество нейтронов. Когда эти нейтроны попадают в стеки реактора, они генерируют радиоактивные изотопы, что, в конце концов, приводит стеки реактора в негодность. И хотя этот радиоактивный мусор чище, чем побочные продукты, создаваемые при реакциях распада, дейтерий-тритиевые реакции, далекие от совершенства, используются в настоящее время в ядерных энергетических установках.

Увеличение нагрева

Вместо этого физики предложили другой процесс ядерного синтеза, а именно, реакцию синтеза протонов и ядер бора, которая идет практически без генерации нейтронов [1].

Хотя она представляется безопаснее, поджиг этой боро-водородной реакции требует температур порядка миллиарда градусов. Это больше чем в десять раз температур, необходимых для реализации дейтерий-тритиевой реакции.

"Выбор дейтерий-тритиевой реакции обусловлен тем, что она может быть легче реализована", - объясняет Геннадий Швец - физик из Университета Техаса, г. Остин.

В настоящее время коллектив российских ученых достиг отметки в миллиард градусов в схеме, которая не нуждается в сильных магнитных полях для удержания плазмы. "Мы впервые реализовали безнейтронную боро-водородную реакцию, используя для этой цели лазер" - говорит Вадим Беляев - физик из Центрального Научно-исследовательского института машиностроения, г. Королев, Россия.

Коллектив ученых использовал мишени из полиэтилена, содержащего атомы бора, для воздействия на них лазером с длительностью излучения чуть больше одной триллионной доли секунды (10-12 сек). Это создавало интенсивно горячую плазму, в которой протоны, содержащиеся в полиэтилене, проникают в атомы бора, которые распадаются с образованием потоков ядер гелия (альфа-частиц).

Испускаемые альфа-частицы в основном поглощаются в мишени. Вероятность наведенной ими радиоактивности в окружающем оборудовании мала. Исследователи вообще не зафиксировали нейтронов, выходящих в результате реакции.

Более чистая энергия

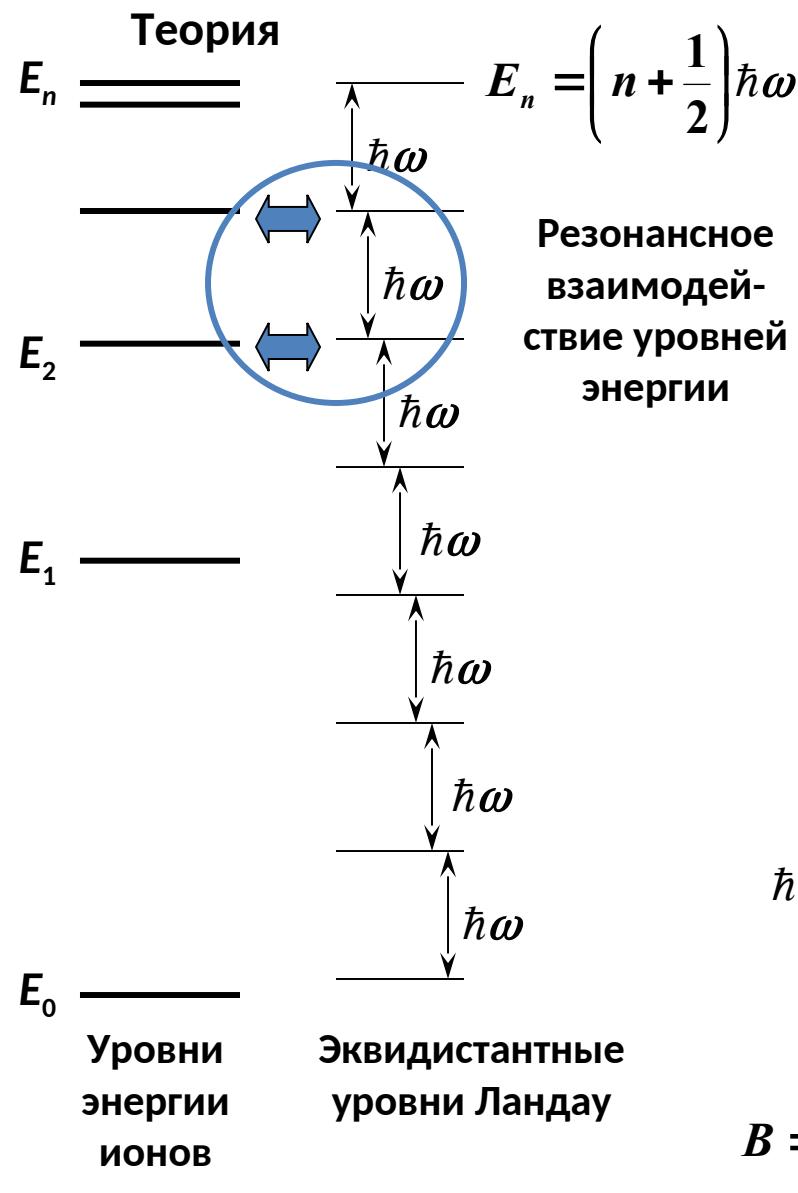
Достигнутый успех открывает дверь к "экологически чистой технологии производства ядерной энергии" - говорит Беляев, чей коллектив опубликовал полученные результаты в журнале "Physical Review" [2].

В дополнении к преимуществам этой схемы ядерного синтеза можно добавить, что заряженные α -частицы могут непосредственно выводиться в виде сформированного электрического тока. Энергетические установки на базе ITER будут использовать только тепловую энергию ядерного синтеза, превращая ее в электричество, как это делается сегодня на угольных теплоэлектростанциях.

Лазерный термоядерный синтез может быть устойчивее, чем реакция внутри магнитной ловушки, используемой в проектах, таких как ITER. В принципе это может быть реализовано путем синхронного ввода в зону реакции лазерного импульсного излучения и отдельных порций ядерного топлива. В отличие от этого в проекте ITER предусматривается использование гигантских магнитов для удержания турбулентной горячей плазмы. "К сожалению удержание плазмы - это наименее понятый процесс в ядерном синтезе", - говорит Швец.

Другие лаборатории, включая NIF (National Ignition Facility) Лоуренской ливерморской национальной лаборатории в Калифорнии, используют подобные лазеры для исследования ядерного синтеза, но на основе дейтерий-тритиевого топлива, создающего большую радиоактивную загрязненность. Беляев надеется в настоящее время на широкое международное сотрудничество в рамках совместного проекта исследований боро-водородной реакции.

Спектральный (прямой) метод измерения сверхсильных магнитных полей



$$\hbar \omega = 12.4 \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} [keV], \lambda [\text{\AA}]$$

$$\hbar \omega = 12.4 \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2} \cdot 10^3 [\text{eV}], \lambda [\text{\AA}]$$

$$J_0 \lambda_\mu^2 = 1.5 \cdot 10^{17} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$$

$$B = 10^{-1} \sqrt{J}; B^2 = 10^{-2} J; 10^2 B^2 = J$$

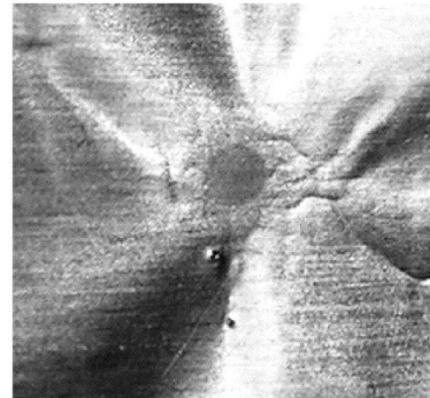
$$B = \frac{0.55 \cdot 10^{15}}{0.656 \cdot 1.76 \cdot 10^7} = 4.76 \cdot 10^7 [\text{Gs}]; J = 2.3 \cdot 10^{17} [\text{W/cm}^2]$$



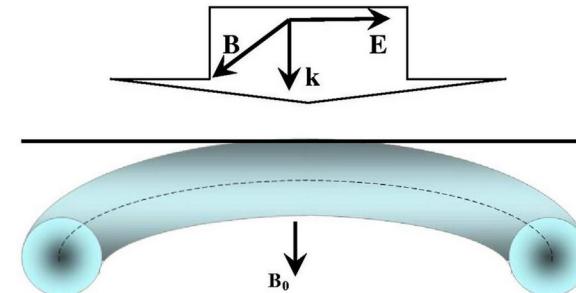
Ускорение заряженных частиц

- Исследованы механизмы ускорения заряженных частиц, связанные с рассмотренной структурой электромагнитных квазистационарных полей, генерируемых в лазерной плазме.
- Исследованы бетатронный, циклотронный и резонансный механизмы ускорения электронов.
- Показана эффективность дрейфа частиц как механизма образования заряженных частиц высокой энергии.
- Предложена и исследована модель генерации потоков ионов (протонов) высокой энергии с аномально малой расходимостью.
- Ионы вместе с электронами образуют квазинейтральную тороидальную структуру – замагниченную плазму, которая как единое целое движется с постоянной скоростью – скоростью электрического дрейфа. В условиях развития пинч-эффекта эта скорость может заметно возрастать и, соответственно, возрастать до релятивистских значений скорость не только электронов, но и тяжелых положительно заряженных ионов.

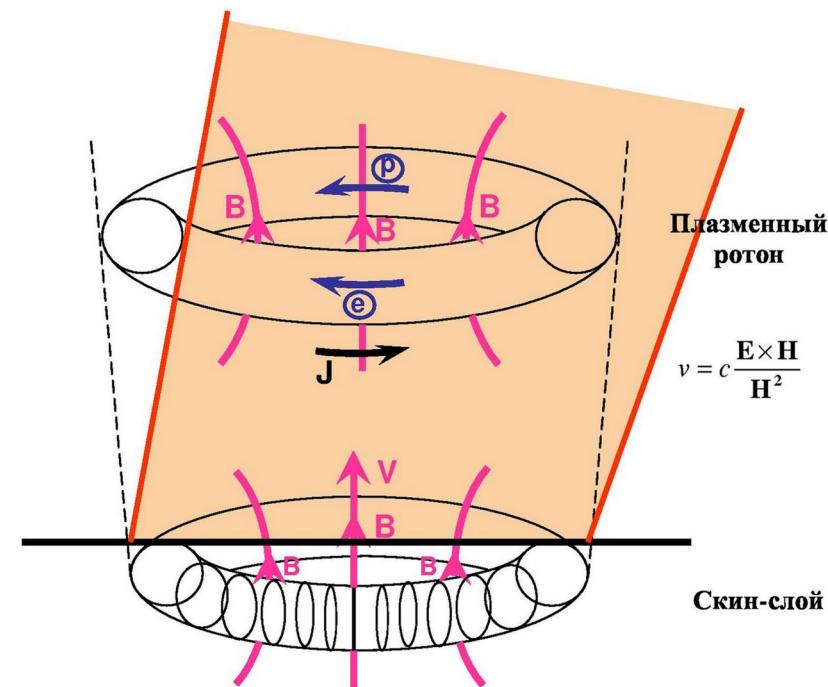
Схема эксперимента



Лазерная плазма



Лазерное излучение



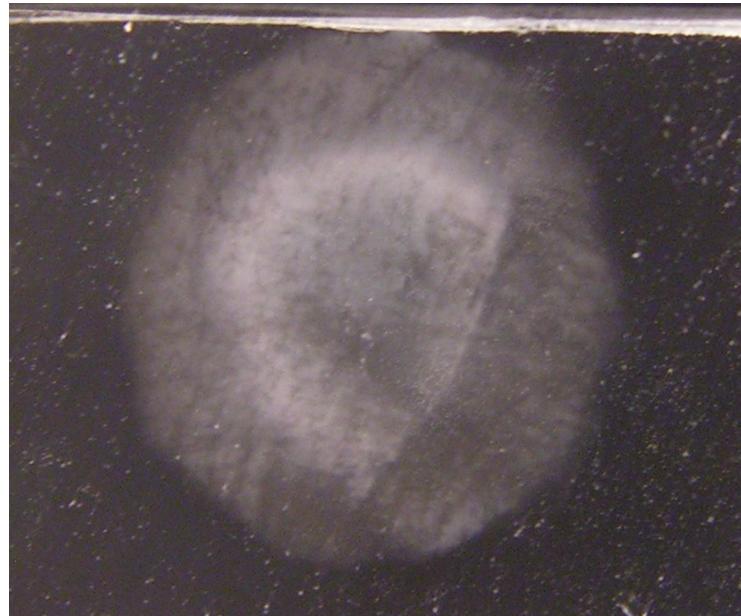
Мишень
Скин-слой

Плазменный
ротон

$$v = c \frac{E \times H}{H^2}$$

Скин-слой

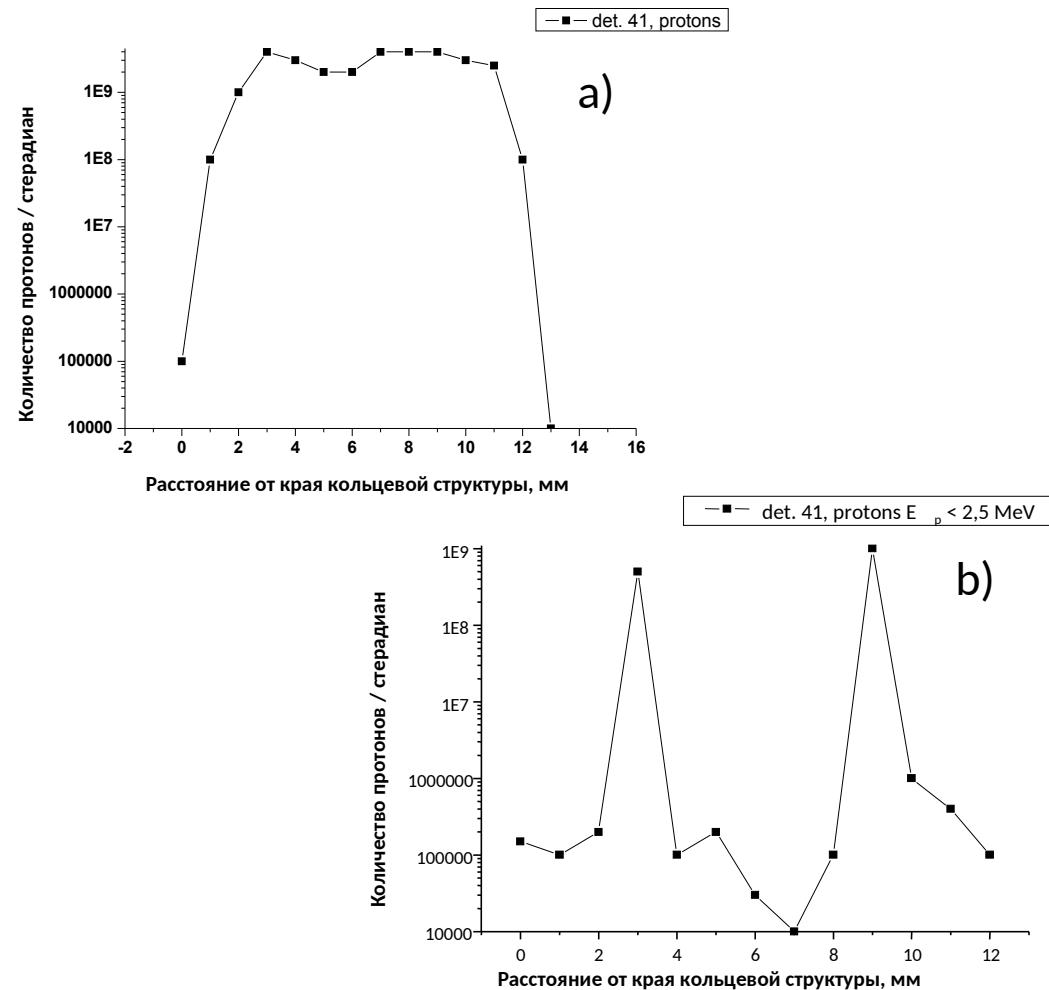
Кольцевая структура протонного пучка, зарегистрированного за тыльной поверхностью Си фольги



Фотография трекового детектора CR-39, прикрытое Al фильтром толщиной 11 мкм. Детектор CR-39 регистрирует протоны с энергией $E_p > 0.8$ МэВ.

Мишень – Cu 25 мкм.

$$\varphi_{1/2} \approx 14^\circ$$

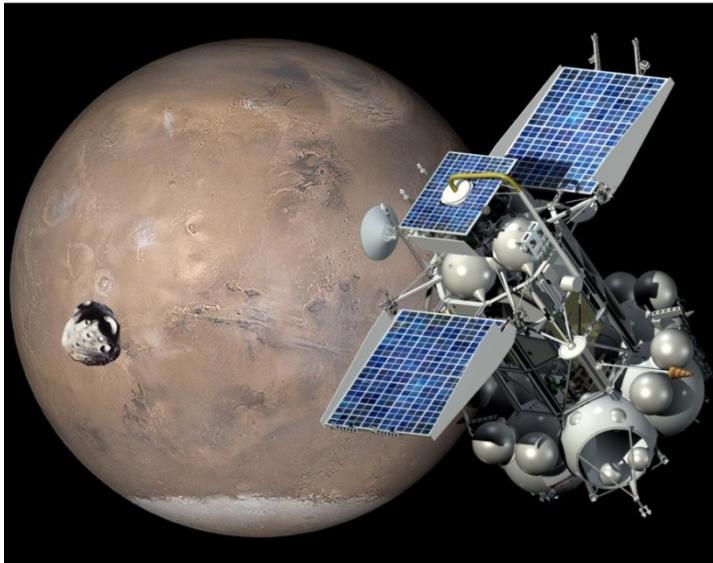


Распределение потоков протонов внутри кольцевой структуры на детекторе CR-39 с 11 мкм Al фильтром ($E_p > 0.8$ МэВ).
Мишень Cu 25 мкм.

a) все протоны с энергией $E = 0.8 \div 5$ МэВ

b) протоны с энергией $E < 2.5$ МэВ

«ФОБОС-ГРУНТ»



Основные цели полета :

- Забор и доставка на Землю образцов грунта со спутника Марса- Фобоса
- Проведение комплекса научных исследований Фобоса и Марса дистанционными и контактными методами

ИКИ



Характеристики

Запуск КА – декабрь 2011 года

Продолжительность экспедиции – 2,7 года

Длительность полёта до Марса – 11 месяцев

Ракета-носитель – "Зенит-2СЛБ"

Масса научной аппаратуры – 50 кг

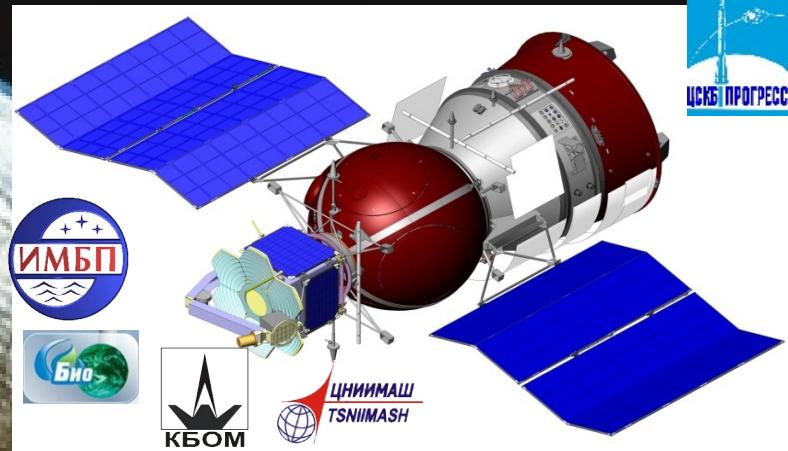
Масса спускаемого на Землю аппарата/масса доставляемого грунта Фобоса – 6 кг/0,2 кг

В проекте участвуют: КНР (спутник «Инхо-1»),
ЕКА, на уровне отдельных приборов: Франция, Австрия, Венгрия, Германия, Нидерланды,
Швеция, Украина, Польша

Программа полётов биологических спутников «БИОН-М»

Основные задачи программы:

- исследования действия факторов космического полёта на околоземных орbitах на биологические объекты различного уровня сложности, включая млекопитающих (грызунов);
- выявление особенностей молекулярно-физиологических механизмов адаптации к невесомости (в том числе - модельные эксперименты с использованием центрифуги);
- определение действия совокупности факторов «открытого» космоса на жизнеспособность и выживаемость живых систем;
- выращивание кристаллов белков в условиях невесомости;
- изучение процессов биологической деградации материалов в условиях полёта.



Первый полёт программы - «Бион-М» №1 запланирован на 2012 год, есть договорённости об участии в экспериментах специалистов Центра им.Эймса НАСА, об участии европейских учёных. Второй полёт - «Бион-М» №2 планируется на 2014 год. Ведутся переговоры с ЕКА о проведении в ходе него совместных экспериментов с мышами на европейской установке MIS.

Российская лунная программа: реализуемые проекты и изучаемые в НИР миссии

Луна-Глоб:

Комплексные исследования Луны с ОИСЛ и с борта посадочного аппарата, который должен совершить посадку в полярной области Луны.
Проведение эксперимента по поиску частиц космических лучей сверхвысоких энергий.
(Однопусковая схема полёта.)



Луна-Ресурс/этап 1:

Комплексные исследования Луны с ОА (Индия) и с российского посадочного аппарата, который должен совершить посадку в полярной области Луны и обеспечить работу индийского микро-робота. (Однопусковая схема полёта.)



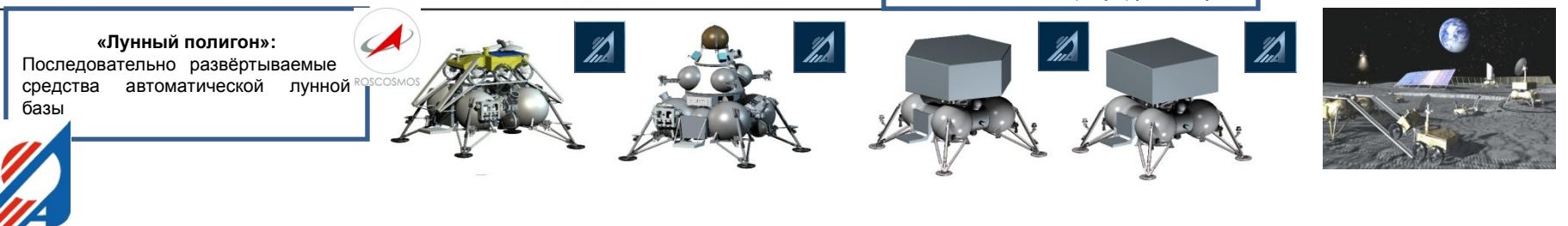
Луна-Ресурс/этап 2:

Контактные исследования Луны с помощью лунохода, собирающего образцы лунного вещества (в т.ч. буровые керны). Последующая доставка собранных образцов на Землю.
(Двух-пусковая схема экспедиции.)



«Лунный полигон»:

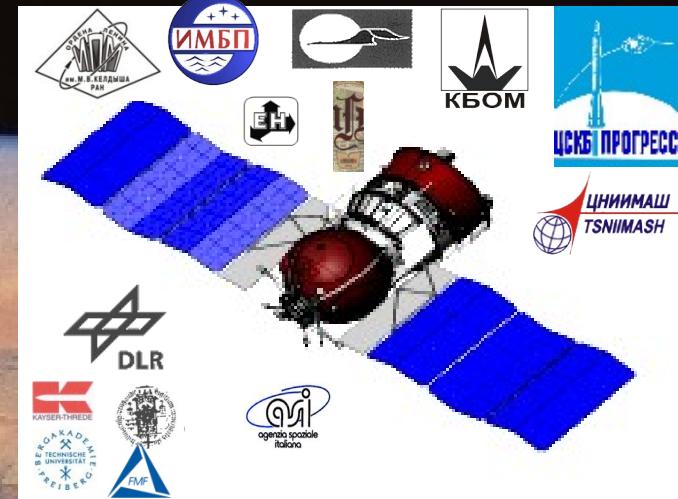
Последовательно разворачиваемые средства автоматической лунной базы



Программа научно-прикладных исследований на борту автоматических космических аппаратов «Фотон-М»

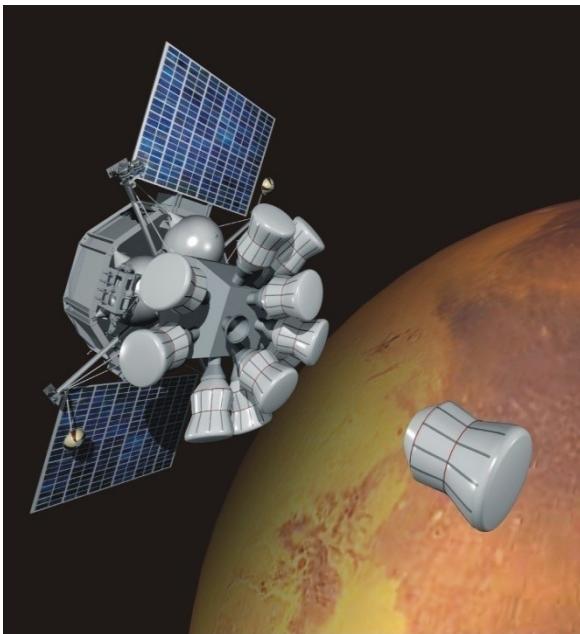
Основные задачи программы:

- проведение экспериментов по изучению гравитационно-чувствительных явлений в условиях микрогравитации, лучших, чем на Российском сегменте МКС;
- продолжение исследовательских программ в области космического материаловедения и космической биотехнологии;
 - отработка служебной аппаратуры и методов обеспечения заданных уровней остаточных ускорений;
 - постановка экспериментов в области космической биологии на монгольских песчанках и других биологических объектах – с использованием ранее созданных установок, обеспечивающих нужные условия обитания для живых организмов.



Готовится полёт модернизированного спутника «Фотон-М» №4, который намечен на 2013 год. Сопоставщиками экспериментов выступают учёные ряда европейских стран, на борту должна быть также размещена научная аппаратура итальянского и германского космических агентств. Следующий полёт однотипного КА «Фотон-М» №5 планируется выполнить в 2015 году.

Проект "Марс-НЭТ"



Назначение

Проведение долгосрочных исследований Марса и околомарсианского пространства дистанционными и контактными методами с использованием сети исследовательских средств

Характеристики

Отлетная масса КА – 2500 кг

Масса КА на орбите ИСМ - 2380 кг

Состав сети: 10-12 малых станций

Масса малой станции – 15 кг

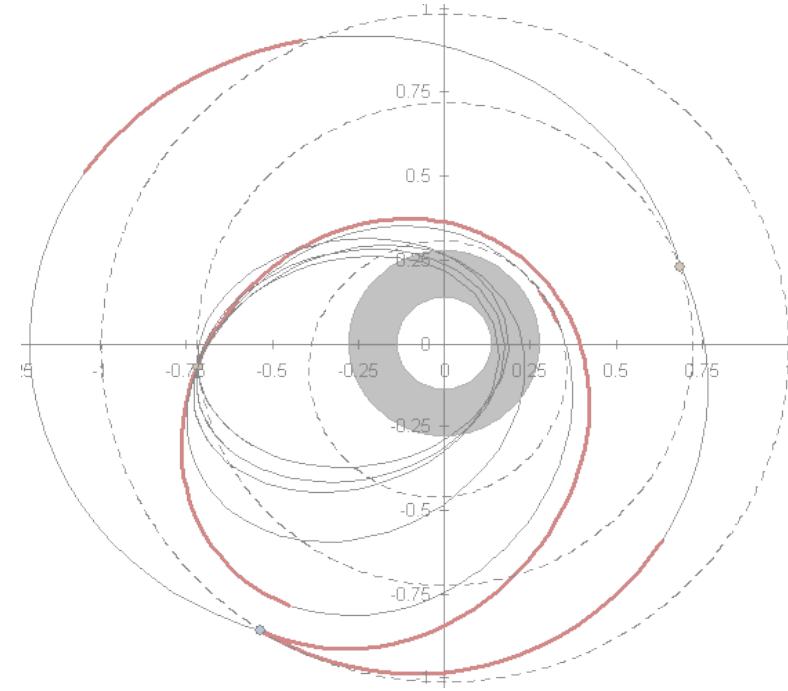
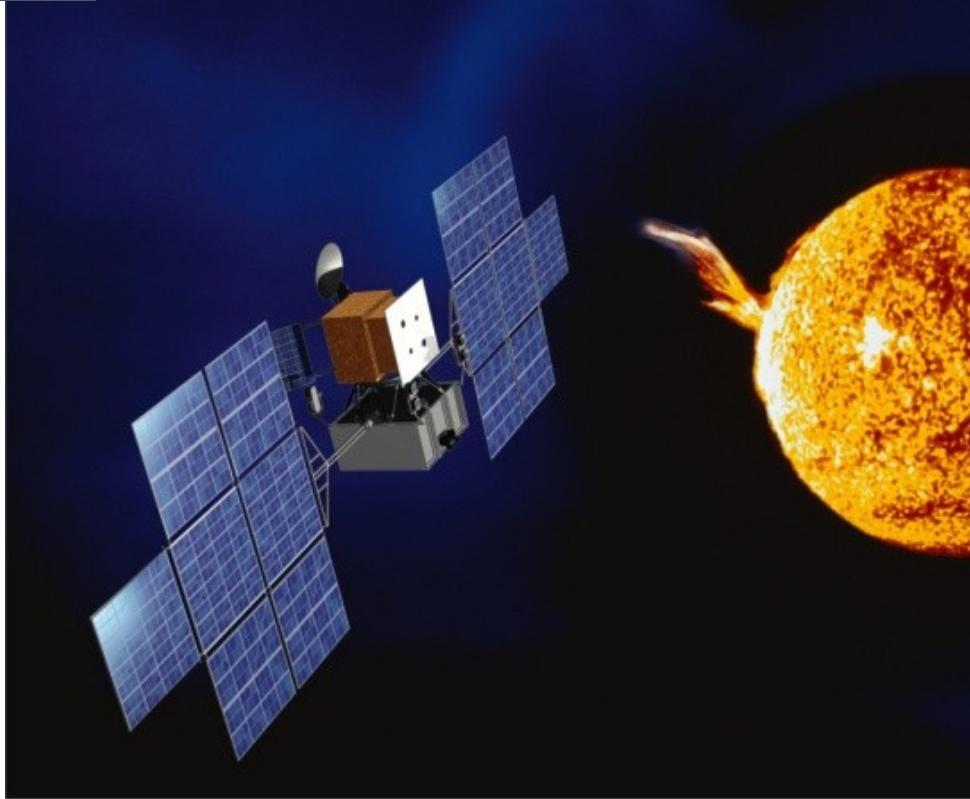
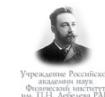
«Интер-Гелиозонд»

Основные задачи проекта

- изучение Солнца и солнечного ветра во время перелёта к нему, в ходе последовательных сближений с ним на расстояния до 30 солнечных радиусов, в режиме синхронизированного с солнечным вращением, в режиме полёта вне плоскости эклиптики.



ИКИ



Планируемая схема полёта
«Интер-Гелиозонд»

- Рассматривается возможность координации с программой «Жизнь со звездой».
- Дата начала экспедиции планируется на 2016 год.

«ВЕНЕРА-Д»

Задачи экспедиции:

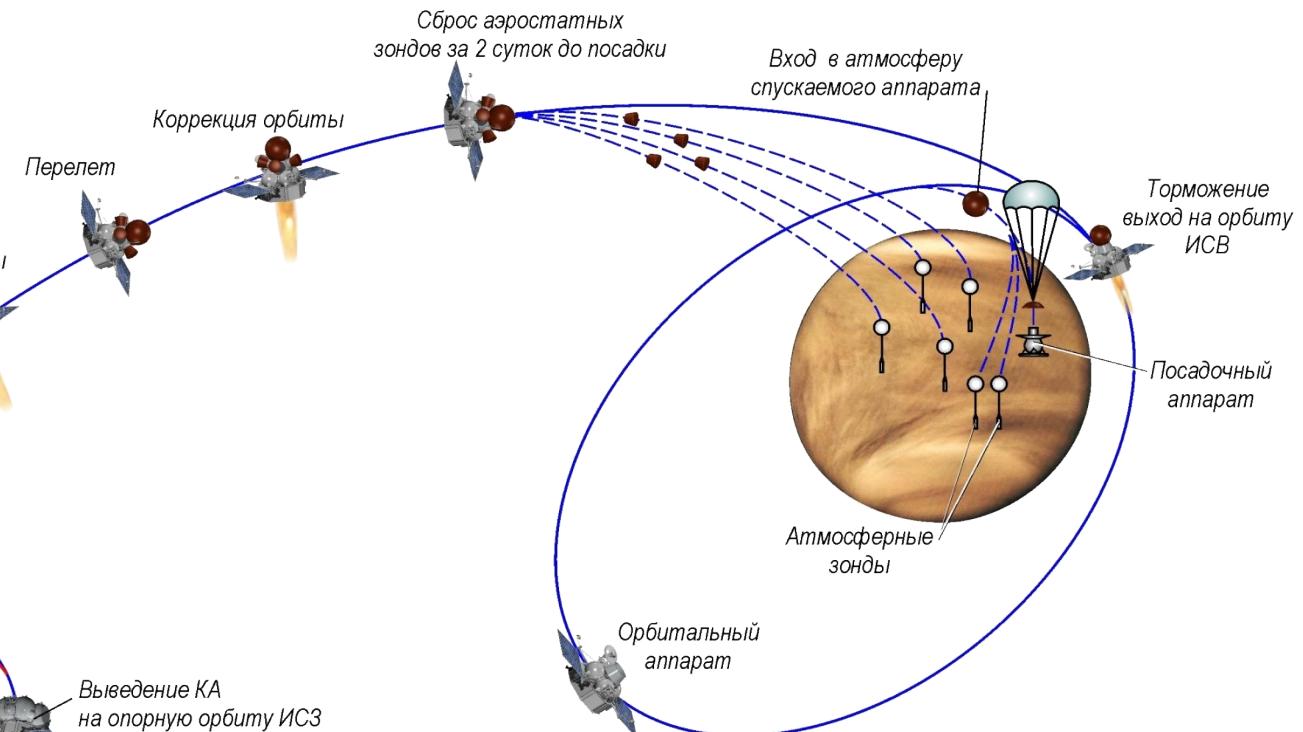
- проведение детальных исследований Венеры дистанционными и контактными методами с борта орбитального аппарата, четырёх аэростатных зондов и посадочного аппарата



Выведение на траекторию перелета к Венере



Планируемое время начала реализации проекта – 2016/2018гг.,
Заинтересованность в проекте проявлена представителями КНЕС и
ЕКА.



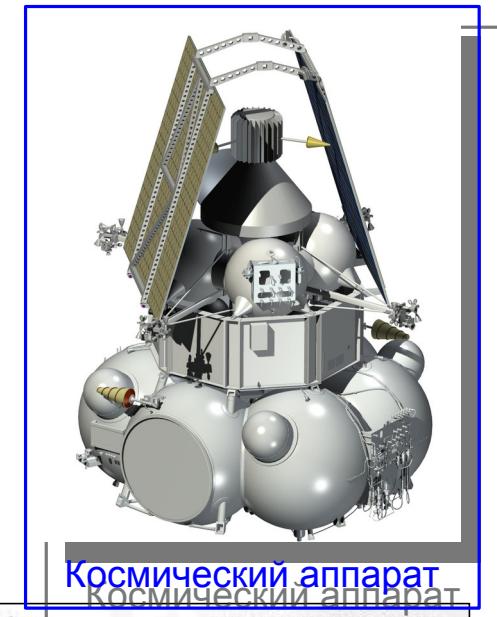
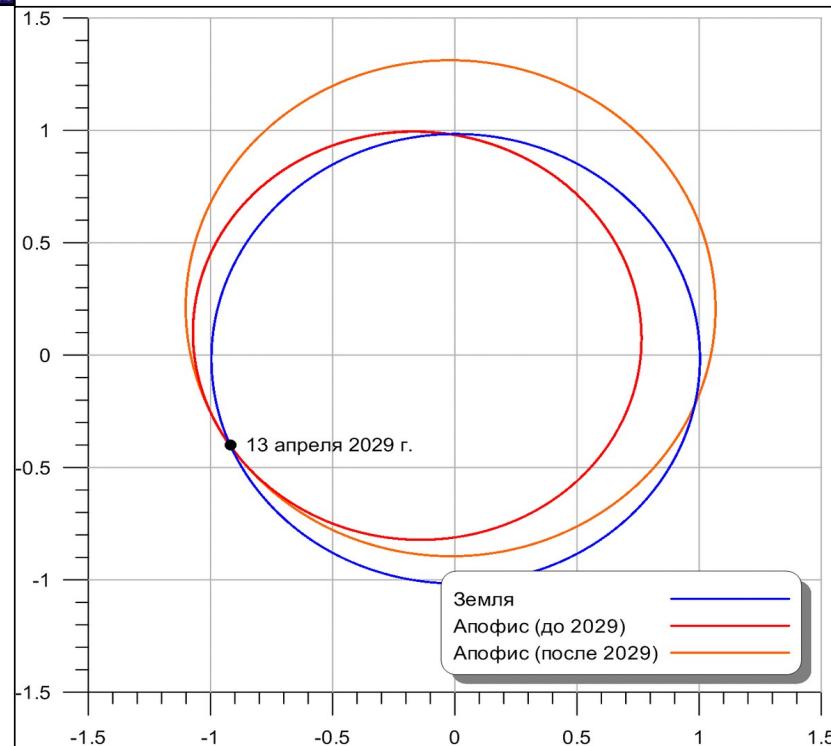
«Апофис»

Основные задачи экспедиции:

- уточнение основных характеристик и параметров орбиты астероида Апофис,
- дистанционные и, возможно, контактные исследования поверхности астероида,
- проверка эффективности метода «гравитационного трактора» - отклонения астероида с опасной для Земли орбиты.



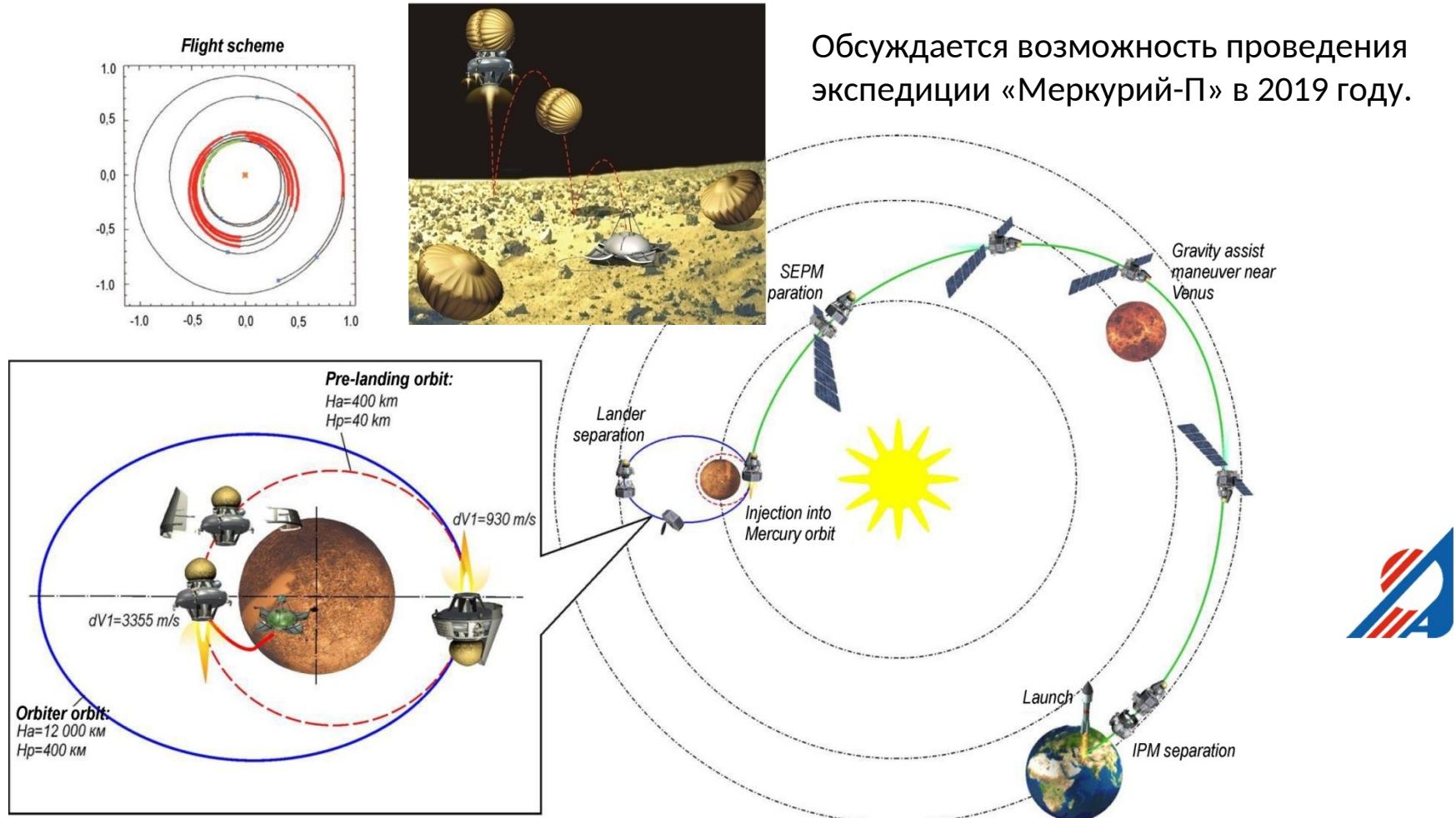
ИКИ



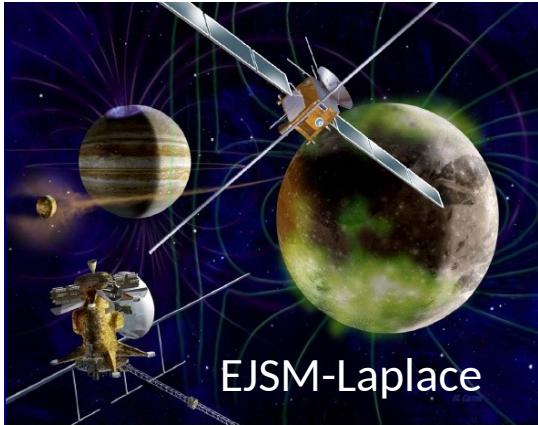
«Меркурий-П»

Основные цели экспедиции :

- контактные исследования поверхности Меркурия,
- изучение особенностей взаимодействия Солнца с грунтом Меркурия.



«Лаплас-Европа-П»



Задачи экспедиции:

- проведение детальных исследований системы Юпитера и, в особенности - спутника Юпитера – Европы дистанционными и контактными методами с борта орбитального и посадочного аппаратов.

Работа посадочного аппарата станет важным дополнением к программам НАСА и ЕКА (EJSM-Laplace).



Фото – рельеф Европы

