

К программе научных исследований на наноспутниках

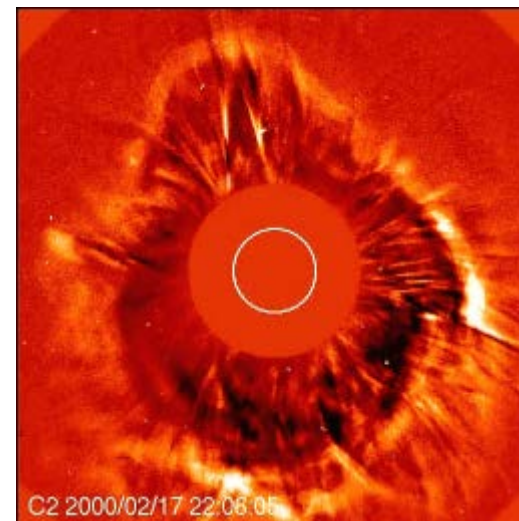
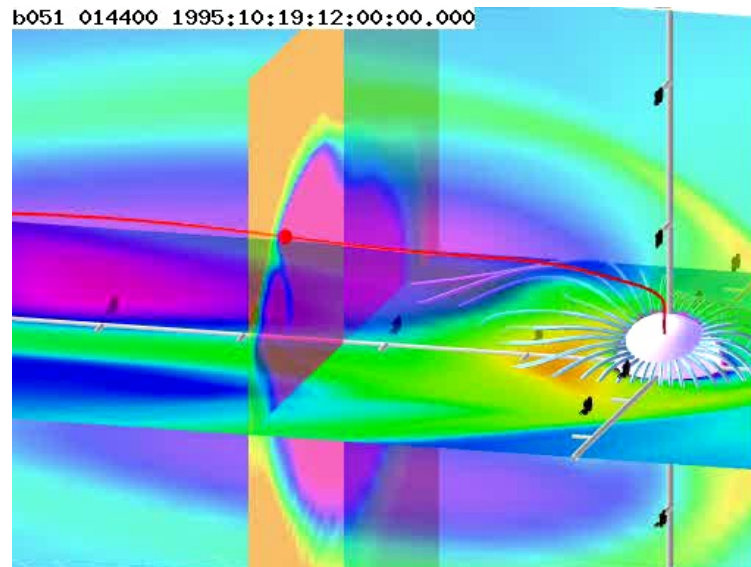
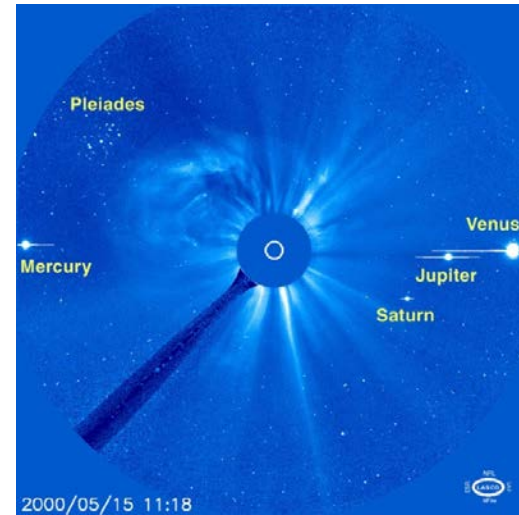
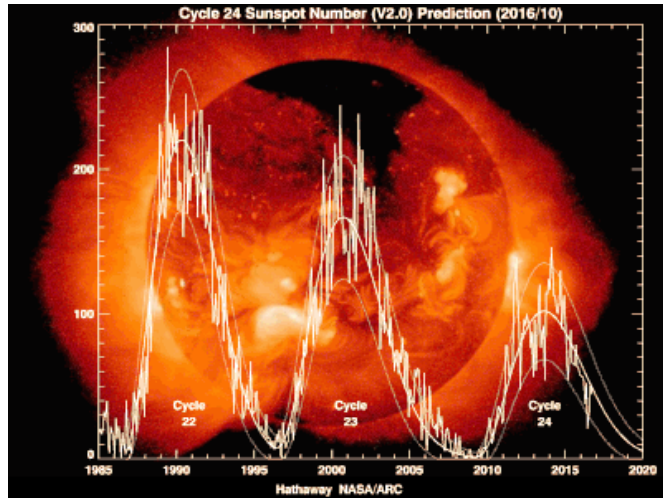
О.Л.Вайсберг и А.А.Петрукович

При участии членов Группы изучения пространства скоростей

Д.А.Моисеенко, С.Д.Шувалов, А.Ю.Шестаков, Р.Н.Журавлев, В.Н.Ермаков

и *ООО НПП Астрон Электроники* под руководством П.П.Моисеева

Магнитосфера и космическая погода



Магнитосфера Земли – сложный конгломерат подсистем

Плазменные области

Ионосфера

Плазмосфера

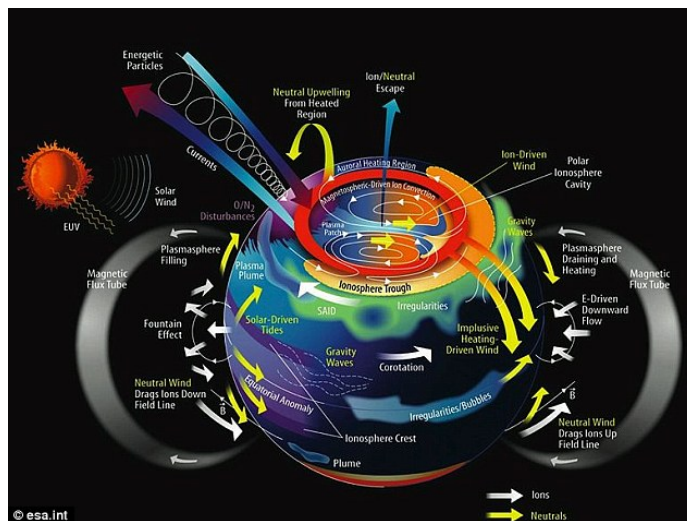
Радиационные пояса

Плазменный слой

Кольцевой ток

Пограничный слой

Полярный ветер



<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3180615/Are-Earth-s-magnetic-poles-DIE-Study-finds-fading-forces-far-older-thought.html>

Токовые системы

Магнитопауза

Кольцевой ток

Токовый слой в хвосте

Токи Биркеланда

Авроральный электроджет

Процессы

Пересоединение магнитных полей

Авроральное высыпание

Ускорение частиц

Конвекция

Суббури

Магнитные бури

Межпланетная погода

Переменчивость солнечного ветра

Ударные волны

Корональные выбросы

Коротящие области

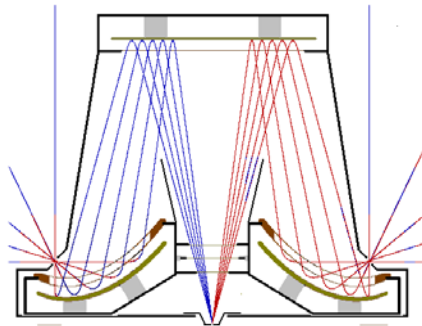
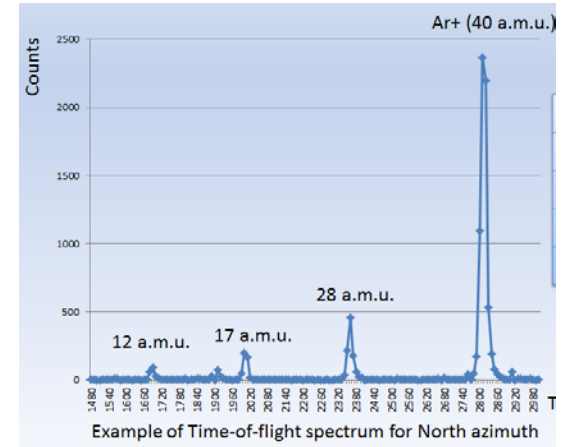
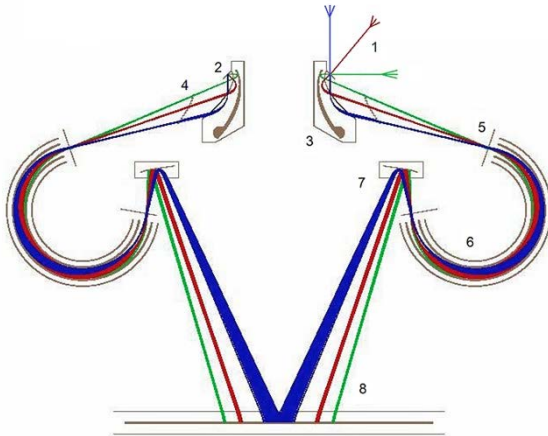
Предлагаемый подход к созданию системы наноспутников для исследования, диагностики и предсказания космической погоды

1. Создание консорциума по реализации проекта создания группировки наноспутников для изучения ионосферы и магнитосферы Земли
2. Разработка дорожной карты
3. Разработка технического задания на наноспутники, оснащенные научной аппаратурой
4. Разработка технического задания на систему приема, и обработки и анализа информации, получаемой с наноспутников
5. Решение о финансировании работ
6. Разработка и изготовление пилотных образцов научной аппаратуры для наноспутников
7. Определение кооперации для выведения спутников на орбиту
8. Проведение первых летных испытаний

Подход к научной программе

- Что необходимо измерять
 - Плазму
 - Магнитное поле
 - Энергичные частицы
- Состав аппаратуры
 - Спектрометр ионов
 - Спектрометр электронов
 - Магнитометр
 - Датчик энергичных частиц
- Требования к спутнику
 - 3-осная ориентация или данные об ориентации
 - информативность до 1 кбит/с
 - допускается установка на разных спутниках

Панорамный энерго-масс-спектрометр ионов для проекта Луна-25

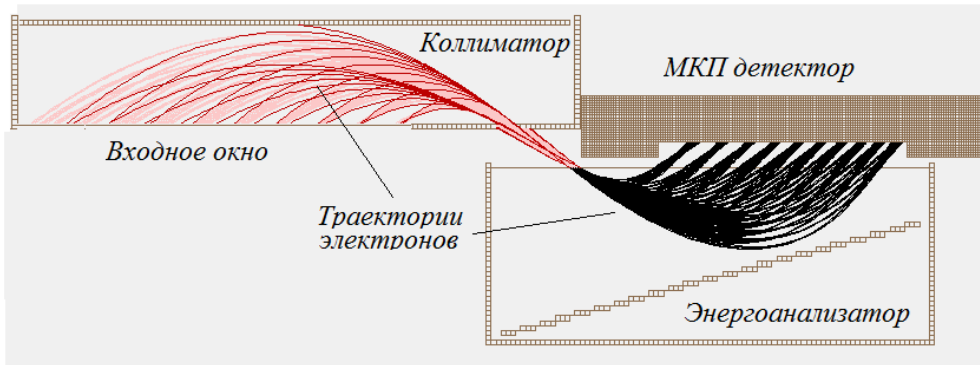


Камера Олег

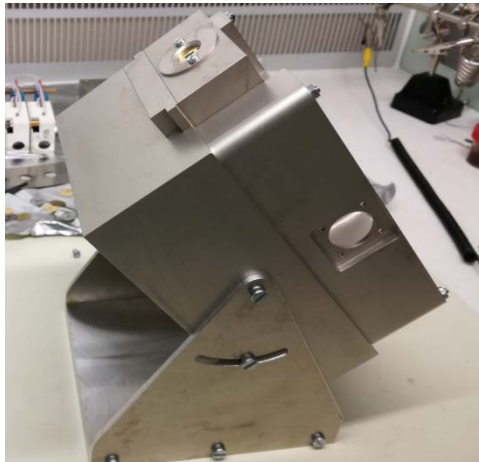
Масса прототипа 2.5 кг.

Прорабатывается малогабаритная версия Камеры.

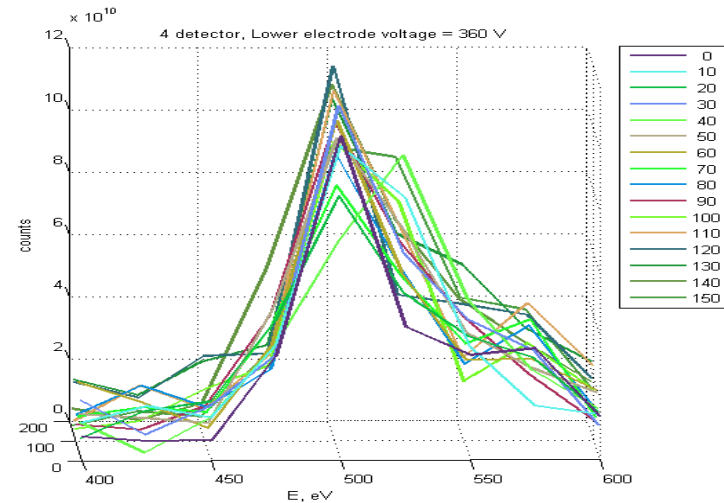
Численная модель и прототип электронной оптики спектрометра электронов



Одновременная регистрация энергетического спектра электронов в диапазоне от E_0 до $7E_0$.
Предназначен для исследования мелкомасштабных структур в магнитосферной и ионосферной плазме

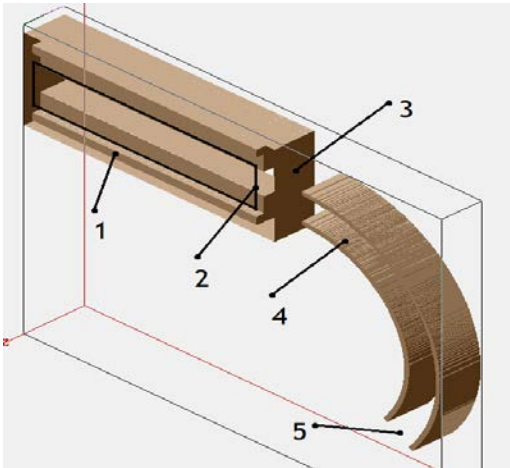


Лабораторный прототип прибора

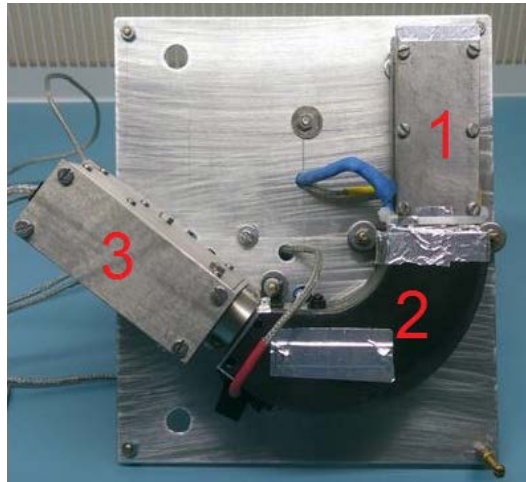


Оценка энергетического разрешения

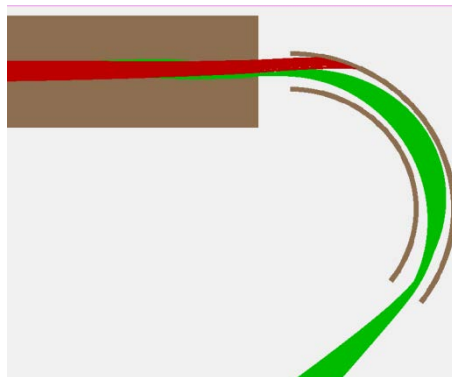
Ионный энерго-масс анализатор



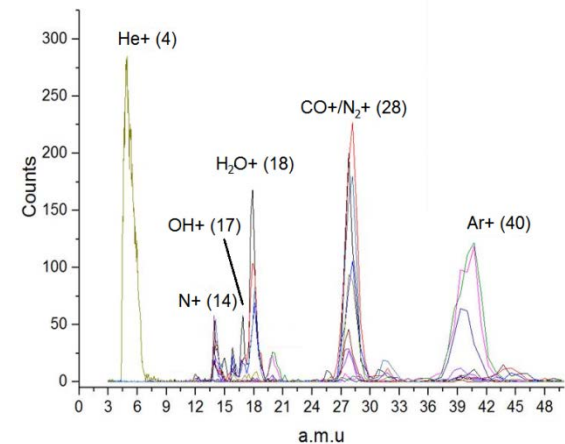
SIMION модель. 1 – магниты, 2 – электроды, 3 – щель, 4 – ЭСА, 5 – выход.



Assembled model prototype. 1 – фильтр скоростей, 2 – ЭСА, 3 – КЭУ

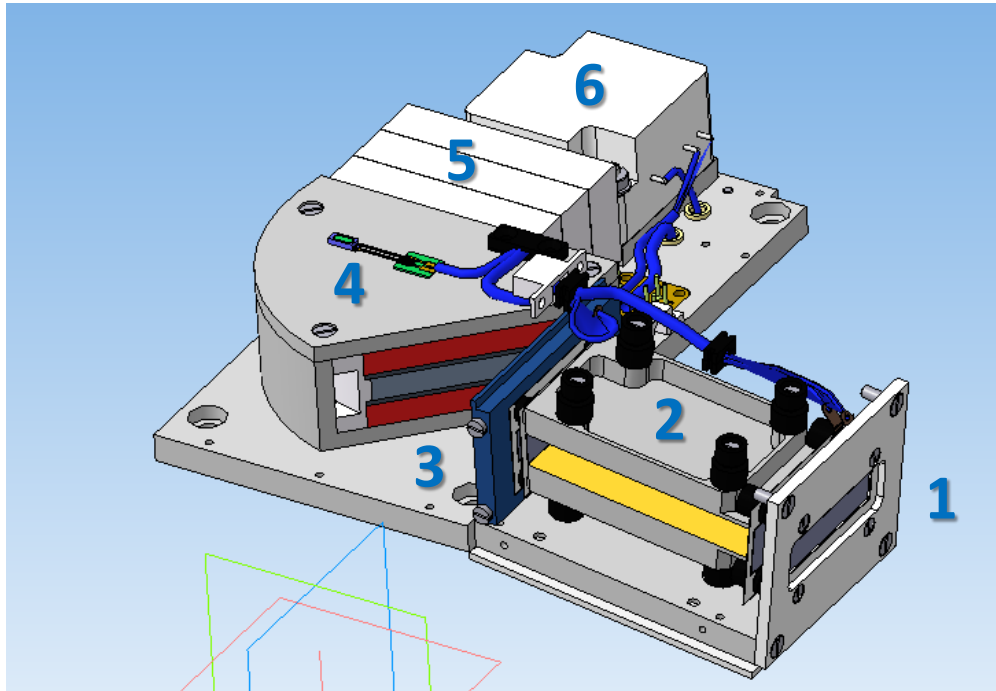


Численная модель пропускания ионов с одной скоростью: зеленые траектории – α -частицы



Комбинированный массовый спектр ионов

Анализатор быстрых нейтральных частиц ФОМАС



1 – Входное окно, 2 – Ионизационная поверхность, 3 – Ускоряющий электрод, 4 – Магнитная система, 5 – Система диафрагм, 6 – Детектор на основе ВЭУ.

Задачи. Неоднородности естественного происхождения

Задачи

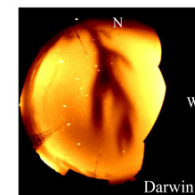
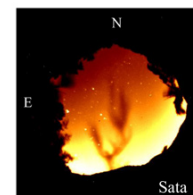
**Высокоширотная
ионосфера**

**Низкоширотная
ионосфера**

- Изучение неоднородной структуры, полярной границы
- Авроральная область
- Поляризационный джет
- Касп

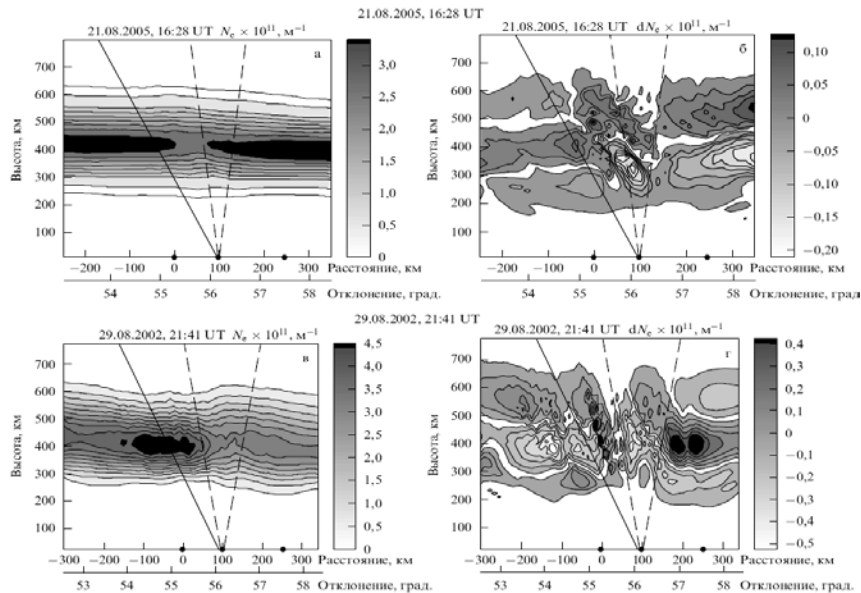


- Неоднородность среднеширотной ионосферы
- Балдж и его свойства
- Изучения бабл-пузыря в экваториальной части ионосферы
- Экваториальная аномалия
- Экваториальный электроджет



Искусственные неоднородности

ВЧ нагревные стенды

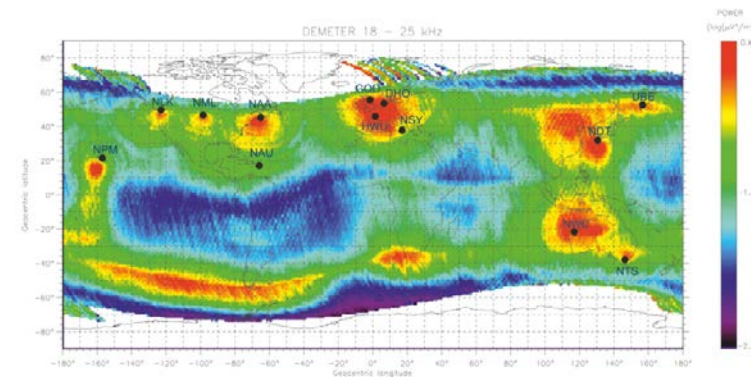


Томографическая реконструкция профиля плазмы (а, в) и вариаций плотности (б, г) для условий вечерней (а, б) и ночной ионосферы (в, г). (Фролов и др., 2007)

ВЧ нагревный стенд представляет собой КВ передатчик на частотах 2-10 МГц, с антенной, излучение которой направлено вверх. Антенные поля позволяют создать на уровне ионосферы достаточно мощное ЭМ излучение, которое, изменяет свойства ионосферы: формирует мелкомасштабные неоднородности, генерирует ЭМ излучения и нагревает плазму.

НЧ нагревные стенды

НЧ передатчики в диапазоне частот 10–30 кГц изначально предназначались для связи с подводными лодками, а также для построения глобальной сети привязки к точному времени.



Интенсивность ОНЧ излучения в диапазоне 18-24 кГц, зафиксированная на борту «DEMETER». Точками на карте отмечено расположение мощных наземных ОНЧ передатчиков (Parrot et al, 2009)

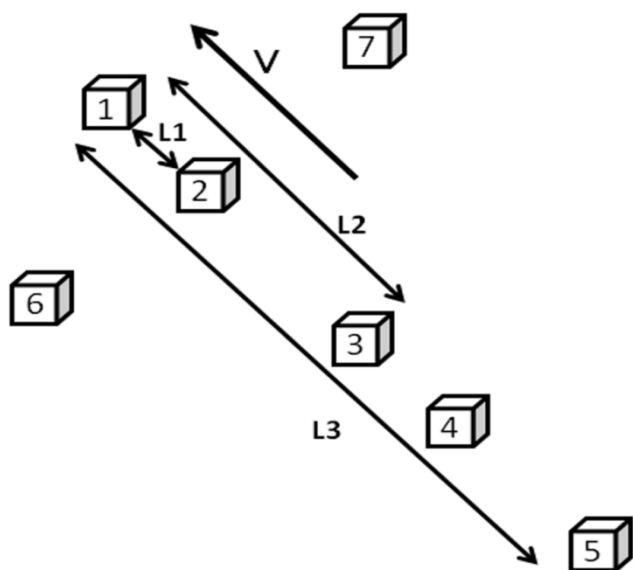
Основные технические характеристики по проекту

Масса, размер МКА	К-во МКА в системе	Параметры орбит МКА	Перечень научной аппаратуры	Осн. параметры НА	Требуемая мощность энергопитания: НА всего МКА	Требования к точности ориентации и стабилизации МКА	Треб. к параметрам радиолиний (для командно-телеметрической (КТИ) и научной информации (НИ))	возможные конструктивные требования.
Типа Кубсат от 3U до 6U, 3-6 кг	4-7	Полярная орбита, 500-1000км	Зонд Ленгмюра	Концентрация электронов, $10^2 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$	3.3 Вт (НА)	Для проведения измерений не требуется. Поддержание трехосной ориентации желательно для работы радиолинии, коррекций орбиты и использования раскрываемых панелей солнечных батарей (данные требования должны быть определены разработчиком КА) Требования к точности требует дальнейшей проработки.	Сброс ~1,1 ГБ научной информации с каждого спутника на одном витке. Скорость сброса до 30-40 Мб/с с учетом видимости не на каждом витке	Наличие выносных штанг, требования ЭМС, наличие ДУ для поддержания группировки
			Двойной зонд	Электрическое поле, 10 мВ÷1В				
			Магнитометр (индукционный)	Магнитное поле, 1.5 мкТл				
			GPS/ГЛОНАСС/ Galileo	Координаты и время, L1, L2				
			Резонансный зонд	Плотность плазмы и её флуктуации, $10^2 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$				

Проект Фикус

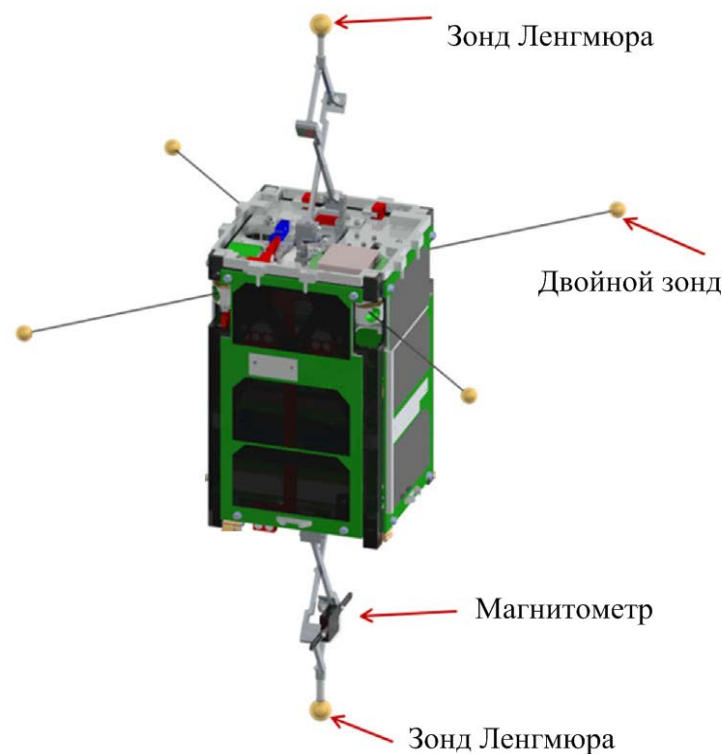
Задача: структура локальной неоднородности на малых масштабах

Спутники должны измерять электрическое поле, плотность плазмы, переменное магнитное поле одновременно в нескольких точках ионосферы, отстоящих друг от друга на характерные плазменные масштабы (+ GPS/Глонасс приемник).



Возможная схема расположения спутников

4 – 7 нано КА на масштабах 50 м – 5 км



Компоновка (*прототип DICE*)
Формат 3U - 6U



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Остатки

Слайд 5 "Требования к спутнику: информативность до 1 кбит/с". Мне кажется, лучше указать наши максимальные требования по **суточной** информативности.

Из оценок по проекту Трабант мы имеем следующие цифры:

БАЭС-Т: 53 Мбайт/сутки

АРИЕС-Т: 338 Мбайт/сутки.

1. нет нумерации слайдов
2. нет выводов на слайде 2
3. нет выводов на слайде 3
4. на слайде 4 Пункт 4. Разработка технического задания на систему приема, ~~н~~ обработки и анализа информации, получаемой с наноспутников
5. нет слайда о системе наноспутников, сразу идет слайд о научных приборах
6. слайд 6 - нет информации о размерах, потреблении и информативности
7. слайд 7 - нет информации о массе, размерах, потреблении и информативности
8. на слайде 8 : Ионный энерго-масс анализатор
9. слайд 8 - нет информации о массе, размерах, потреблении и информативности
10. слайд 9 - нет информации о массе, размерах, потреблении и информативности
11. слайд 9 - об анализаторе нейтралов, но на слайде 5 (Состав аппаратуры) про нейтралы не говорилось.

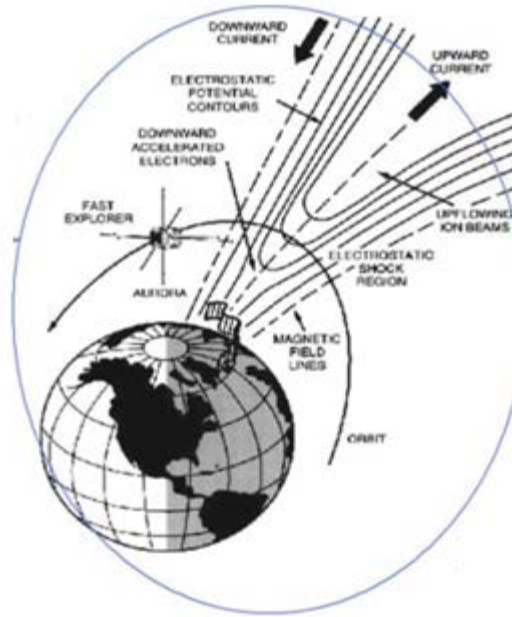
Одновременная прямая и дистанционная диагностика электродинамического состояния ионосферы с орбит микроспутников (проект Аврора)

Научная задача:

Исследования магнитосферно-ионосферных связей высыпающихся заряженных частиц, волн, продольных токов и структур авроральных эмиссий в различных геомагнитных условиях

Прикладная задача:

Контроль электродинамического состояния ионосферы как среды распространения сигналов в масштабе 1-2 км и 1-2 сек, 2D (и в перспективе 3D) и дистанционный мониторинг градиентов локальной электронной концентрации в разных слоях ионосферы



Орбиты микроспутников для проекта Аврора

Пример одновременных измерений авроральной структуры и высыпающихся электронов с микроспутника REIMEI

Observing Smokelike Aurora at the Equatorward Edge of the Main Oval^a

