МГУ им. М.В. Ломоносова

Факультет космических исследований

Межфакультетский курс «Окружающий космос (Основы физики космоса)»

Весенний семестр 2020 г.

Лектор: Академик РАН профессор М.Я. Маров

*Ключевые концепции*

1. *Основные представления об окружающем космическом пространстве*

* Понятие космоса составляют области пространства от Земли до границ наблюдаемой Вселенной (~ 13,7 млрд. св. лет = ~ 4 x109пк), которые заключают в себя многообразие сред с различными свойствами.
* Наше ближайшее космическое окружение Солнечная система (~ 105 а.е. = ~10-1пк) – это уникальная природная среда с огромным разнообразием небесных тел, природных механизмов и взаимодействий.
* Венера и Марс служат предельными моделями эволюции Земли, изучаемой на основе сравнительной планетологии.
* Малые тела: Главный пояс астероидов, пояс Койпера и облако Оорта.
* Космические исследования принципиально изменили представления об окружающей среде, о природе галактик, звёзд, планет, их спутников, комет, астероидов и свойствах вещества в экстремальных условиях.
* Открытие аккреционных дисков, внесолнечных планет обеспечили прогресс в решении фундаментальных проблем космогонии.
* Новое научное направление – астробиология изучает комплекс проблем, связанных с происхождением и поиском жизни во Вселенной.
* Космология стала экспериментальной наукой и обогатила наши представления о зарождении, эволюции и судьбе Вселенной.
* Перспективы космических исследований до середины XXI столетия - переход к освоению Луны и пилотируемому полёту к Марсу

1. *Основные методы астрономии и космических исследований. Электромагнитный спектр*

* Дистанционные и прямые измерения
* Электромагнитная радиация

- Типы излучения

* + Характеристики излучения от радиоволн до гамма-лучей
  + Типы спектров: непрерывный, излучения, поглощения
* Волновые свойства света
  + Структура электромагнитной волны, поляризация, рефракция, дифракция, интерференция
  + Рассеяние, объяснение природы голубого неба
  + Призмы и телескопы, разрешающая способность
* Корпускулярные свойства света

- Фотон, связь излучения со структурой атома

* + Связь энергии излучения с длиной волны
  + Законы излучения абсолютно-чёрного тела
* Окна прозрачности земной атмосферы

1. *Солнце и солнечная активность*

* Солнце: его внутреннее строение, основные параметры и зоны, их температура и плотность.
* Строение солнечной атмосферы.
* Солнечная активность, 11-летний цикл.
* Активные явления на Солнце – солнечные вспышки, корональные выбросы массы (СМЕ), солнечные протонные события (СПС).
* Солнечный ветер, его природа и основные свойства.
* Солнечная система, размеры, планеты и семейства малых тел.
* Понятие о гелиосфере и гелиопаузе, протяженность и свойства
* Будущие солнечные космические миссии.

1. *Земля и околоземное космическое пространство*
   * Земля, основные характеристики. Поверхность, материки и океаны, внутренне строение, глобальная тектоника плит.
   * Атмосфера и околоземное космическое пространство: строение, основные высотные области, температура, плотность.
   * Радиация в околоземном космосе: солнечные и галактические космические лучи, связь с активными явлениями на Солнце.
   * Солнечный ветер, его взаимодействие с магнитным полем Земли. Структура магнитосферы.
   * Радиационные пояса Земли, их физические свойства, структура, состав.
   * Магнитные бури и полярные сияния. Воздействие радиации на космические аппараты.
   * Метеорная опасность и космический мусор.
2. *Планеты земной группы*

* Основные параметры Луны, свойства поверхности, геология, недра.
* Основные характеристики и параметры планет земной группы.
* Сравнительная планетология, роль для наук о Земле.
* Венера и Марс как две предельные модели эволюции Земли.
* История космических исследований Луны, Венеры и Марса.
* Венера: свойства поверхности, атмосферы, особенности теплового режима и его формирования.
* Вулканизм на Венере.
* Марс: морфология поверхности, свойства атмосферы, пылевые бури.
* Концепция «ядерной зимы» на Земле.
* История воды на Марсе, геологические структуры – следы водной эрозии.
* Палеоклимат и проблема биологической активности Марса.
* Будущие исследования Венеры и Марса: Проекты РОСКОСМОСА.

1. *Планеты-гиганты, спутники, кольца*

* Основные отличия планет-гигантов от планет земной группы.
* Внутреннее строение гигантов.
* Динамика планетной атмосферы, природа БКП и БТП.
* Кольца, их структура и особенности.
* Понятие о спутниках-пастухах.
* Спутники планет, общие характеристики.
* Приливные взаимодействия и их роль в физической природе галилеевых спутников.
* Вулканизм на Ио
* Водный океан Европы
* Тритон, Плутон/Харон
* Титан, его поверхность и атмосфера; предбиологическая органика?
* Малые тела Солнечной системы
* Малые тела (астероиды, кометы, метеороиды, пыль) самая многочисленная группа тел Солнечной системы.
* Астероиды и ядра комет, содержащие первичное вещество, служат основой для реконструкции химических и фазовых процессов, лежащих в основе зарождения и эволюции Солнечной системы (планетной космогонии)
* Процессы миграции и столкновения комет и астероидов с планетами – ключ к решению проблемы наличия воды и летучих на Земле и планетах земной группы.
* Астероиды содержат большое разнообразие и огромные запасы внеземных ресурсов, которые будут востребованы в процессе дальнейшего развития цивилизации.
* Малых тела - источник астероидно-кометной опасности.
* Начаты космические полеты к астероидам и кометам и разрабатывается большое число новых проектов.
* Физика и эволюция звезд
* Понятие об эволюции звёзд, жизненный цикл
* Классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела
* Связь светимости, температуры и массы звезды
* Классы звезд
* Переменные и двойные звезды
* Области рождения звезд
* Молекулярные газопылевые облака и их свойства
* Звёзды большой и малой массы, основные различия эволюции
* Термоядерный синтез в недрах звезды, последовательные циклы
* Пороговые значения масс: звезды, коричневые карлики, планеты
* Конечные стадии звёзд большой и малой массы
* Компактные звёздные объекты: белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры
* Свойства пульсаров и черных дыр.

1. *Экзопланеты*

* Открытие внесолнечных планет (зкзопланет) - одно из крупнейших достижений астрономии на рубеже XX – XXI столетий. На декабрь 2017 года надежно открыто 3564 планет.
* Разнообразие экзопланет по размерам и расстоянию до родительской звезды больше, чем в Солнечной системе: от планет с лавой или магмой на поверхности до планет-океанов и ледяных планет.
* Наибольшее число экзопланет находится в пределах размеров от суперземель до субнептунов.
* До 30-40% звезд в нашей Галактике (и, вероятно, в других галактиках) могут обладать планетами.
* Около 20% от общего числа экзопланет могут быть сравнимы по размерам с планетами земной группы в Солнечной системе.
* Миллиарды планет могут находиться в «зоне обитания».
* Общее число планет во Вселенной может быть равным или даже превышать число звезд и достигать ~ 1022.
* Изучение экзопланет открыло новую страницу в звездно-планетной космогонии - важного раздела астрофизики.
* Обнаружены экзопланеты типа Земли в «зонах обитания» с благоприятными условиями для возникновения жизни, что значительно продвинуло вперед астробиологию и расширило перспективы обнаружения внеземной жизни.

1. *Астробиология*

* Определение астробиологии как междисциплинарной области знаний, лежащей на стыке астрофизики и биологии.
* Определение жизни и методов её обнаружения.
* Природные условия, благоприятствующие/препятствующие возникновению жизни.
* Химическая и биологическая эволюция.
* Основы молекулярной биологии.
* Древний мир РНК как предшественник жизни на Земле.
* Роль комет в происхождении жизни на Земле.
* Биологические часы Земли.
* Антарктические метеориты как возможное свидетельство древней жизни на Марсе.
* Высокая приспособляемость жизни к условиям окружающей среды.
* Внеземной разум и проблема SETI.
* Перспективы астробиологии.

1. *Основы космологии – Происхождение эволюция и судьба Вселенной*

* Типы структур во Вселенной: Галактики, Галактические кластеры, Суперкластеры, иерархия размеров.
* Закон Хаббла и постоянная Хаббла
* Возраст Вселенной
* Модель Большого взрыва, последовательность процессов и параметры состояния материи
* Данные в поддержку модели Большого взрыва
* Современные оценки плотности Вселенной и составляющие элементы её материи
* Тёмная материя и тёмная энергия. Космологическая константа.
* Значение оценок массы для определения эволюции, исходя из существующих моделей Вселенной
* Понятие о синергизме микро- и макромира
* Фундаментальные частицы структуры материи: адроны (кварки, лептоны) и бозоны (обеспечивающие субатомные взаимодействия)
* Фундаментальные взаимодействия: Сильное (глюоны, удерживающие кварки в ядре); Слабое (лептоны – электроны и нейтрино, взаимодействующие с бозонами и фотонами); Электромагнитное (фотоны); и Гравитационное (гравитоны).
* Стандартная модель, объединяющая сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия.
* Понятие о Великом объединении.
* Основные представления о теории струн.
* Какой представляется современная модель Вселенной.
* Понятие об антигравитации как факторе ускоренного расширения Вселенной и «Большом разрыве»
* Основы представлений о «кротовых норах» и многоэлементной Вселенной