**СИЛЛАБУС**

**Осенний семестр 2021-2022 уч. год**

**по образовательной программе « Физика и астрономия»**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код дисциплины** | **Название дисциплины** | **Самостоятельная работа студента (СРС)** | **Кол-во часов** | | | | | **Кол-во кредитов** | **Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРСП)** |
| **Лекции (Л)** | **Практ. занятия (ПЗ)** | | **Лаб. занятия (ЛЗ)** | |
| NM3220 | Небесная механика | 10 | 15 | 30 | |  | | 3 |  |
| **Академическая информация о курсе** | | | | | | | | | |
| **Вид обучения** | **Тип/характер курса** | **Типы лекций** | | | **Типы практических занятий** | | **Кол-во СРС** | | **Форма итогового контроля** |
| Онлайн | Теоретический | аналитический | | | Решение задач, вопросы, тесты | | 10 | | Письменный экзамен |
| **Лектор** | Беков Аскар Абдул-Халыкович | | | | | |  | | |
| **e-mail** | bekov@mail.ru | | | | | |
| **Телефоны** | 8 (7057) 1911162 | | | | | |

|  |
| --- |
| **Академическая презентация курса** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Цель дисциплины** | **Ожидаемые результаты обучения (РО)**  В результате изучения дисциплины обучающийся будет способен: | **Индикаторы достижения РО (ИД)**  (на каждый РО не менее 2х индикаторов) В результате изучения дисциплины  обучающийся будет уметь: |
| Дать знания важнейших результатов исследований и теоретических разработок по проблемам небесной механики, техники наземных и космических наблюдений, методологическим проблемам в этой области, перспективам исследования обработки наблюдений. Дать представление о современной научной картине мира, дать навыки, умения и знания, необходимые в дальнешей профессиональной деятельности | РО 1. Продемонстрировать знания основных понятий и результатов исследования в области небесной механики, техники наземных и космических наблюдений. | ИД 1.1. Понимать основы небесной механики, техники наземных и космических наблюдений.  ИД 1.2. Знать и понимать классификацию обработки наблюдений.  ИД 1.3. Понимать и объяснять методы обработки наблюдательных данных. |
| РО 2. Выявлять основные задачи в небесной механике, современной обработке наблюдательных данных. | ИД 2.1. Оценивать актуальность результатов исследований в небесной механике, проводить анализ публикаций авторов исследований, их место в ряду основных задач динамики гравитирующих систем.  ИД 2.2. Выявлять и выделять конкретные проблемы, решавшиеся при обработке наблюдательных данных. |
| РО 3. Применять основные методы в исследованиях обработки наблюдательных данных. | ИД 3.1. Применять интегралы движения проблемы многих тел, теорему вириала, качественные методы анализа динамических систем.  ИД 3.2. Применять знания основных физических условий при обработке наблюдательных данных в исследовательских задачах. |
| РО 4. Проводить анализ данных обработки наблюдений в целях их интерпретации.. | ИД4.1. Применять основные формулы небесной механики, астродинамики для расчетов при проведении анализа и интерпретации данных.  ИД 4.2. Применять методы качественного анализа и определения расстояний при интерпретации данных обработки наблюдений. |
| РО 5. Оценивать, сопоставлять и обобщать параметры, физические характеристики, данные наблюдений объектов и явлений и использовать эти компетенции для анализа данных и разработки оптимального и эффективного алгоритма решения поставленной задачи. | ИД 5.1.Понимать и уметь объяснять аудитории причинно-следственные связи между рядом параметров небесных объектов и явлений.  ИД 5.2. Вычислять неизвестные параметры объектов и явлений динамической системы по формулам их взаимосвязи с другими параметрами. |
|  | РО 6. Находить, оценивать и обобщать информацию из различных источников по поставленной теме, проводить анализ результатов и примененных методов, резюмировать и проводить обсуждения в аудитории. | ИД 6.1.. Отличать научную информацию от научно-популярной.  ИД 6.2. Реферировать и проводить анализ научных публикаций, в том числе на иностранных языках.  ИД 6.3. Составлять по материалам научных публикаций собственное резюме и излагать аудитории суть исследования и его результатов. |
| **Пререквизиты** | Общие курсы астрономии, астрофизики, небесной механики, астрометрии, физики и математики. | |
| **Постреквизиты** | Успешное применение при продолжении обучения в магистратуре и докторантуре и в дальнейшей профессиональной деятельности. | |
| **Литература и ресурсы** | Основная:   1. Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лекции по небесной механике: Учебное пособие для вузов.- Алматы: Эверо. 2009. – 277 с. 2. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. М.:Наука. 1975.- 800с. 3. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.:Наука. 1964.- 560 с. 4. Субботин М.Ф. Курс небесной механики. М.: Наука, 1933.- 300с. 5. Маркеев А.П. Теоретическая механика.: Наука, 1990. - 312с. 6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М., изд-во Наука, 1973, 208 с. 7. Беков А.А. Динамика двойных нестационарных гравитирующих систем. Алматы: Ғылым, 2013.-170с.   Дополнительная:   1. Охоцимский Д.Е. Основы механики космического полета. М.: Наука. 1990. 456с. 2. Зигель К.Л. Лекции по небесной механике.М.: Наука. 1959. – 240с. 3. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике.М.: Наука. 1971.- 540с. 4. Белецкий В.В. Очерки о движении космических тел. М., изд-во Наука, 1979, 430 с. 5. Рябов Ю.А. Движения небесных тел.: Наука, 1977. – 244с.   *Имеются электронные версии всех вышеуказанных книг* | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Академическая политика курса в контексте университетских морально-этических ценностей** | **Правила академического поведения:**  Всем обучающимся необходимо зарегистрироваться на МООК. Сроки прохождения модулей онлайн курса должны неукоснительно соблюдаться в соответствии с графиком изучения дисциплины.  **ВНИМАНИЕ!** Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов! Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания учебного курса, а также в МООК.  **Академические ценности:**  - Практические/лабораторные занятия, СРС должна носить самостоятельный, творческий характер.  - Недопустимы плагиат, подлог, использование шпаргалок, списывание на всех этапах контроля.  - Студенты с ограниченными возможностями могут получать консультационную помощь по е-адресу [\*\*\*\*\*\*\*@gmail.com](mailto:*******@gmail.com). |
| **Политика оценивания и аттестации** | **Критериальное оценивание:** оценивание результатов обучения в соотнесенности с дескрипторами (проверка сформированности компетенций на рубежном контроле и экзаменах).  **Суммативное оценивание:** оценивание активности работы в аудитории (на вебинаре); оценивание выполненного задания. |

**Календарь (график) реализации содержания учебного курса**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Неделя | Название темы | РО | ИД | Кол-во часов | Максимальный балл | Форма оценки знаний | Форма проведения занятия  /платформа |
| 1 | **Л 1.** Уравнения движения. Интегралы относительного движения | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 1 | Видеолекция  в MS Teams |
| 1 | **ПЗ 1.** Интегралы площадей. Интеграл энергии. Интегралы Лапласа. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 1 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-1** Уравнения относительного движения. Уравнения барицентрического движения. Общий интеграл относительного движения. |  |  |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 1, ТЗ 1 | | | | | |  |
| 2 | **Л 2.** Траектория движения. Общее решение. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1  ИД 2.2 | 1 |  | ВС 2 | Видеолекция  в MS Teams |
| 2 | **ПЗ 2.** Кеплеровские элементы орбиты. Общее решение в орбитальных координатах. Уравнение Бине | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 2 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-2** Орбитальная система координат. Общее решение уравнений относительного движения. |  |  |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 2, ТЗ 2 | | | | | |  |
| 3 | **Л 3.** Общее решение уравнений абсолютного движения. Типы невозмущенного движения.  . | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 3 | Видеолекция  в MS Teams |
| 3 | **ПЗ 3.** Первые интегралы уравнений абсолютного движения. Определение типа орбиты. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 3 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-3** Общее решение уравнений абсолютного движения. Типы невозмущенного движения. |  | ИД 2.1  ИД 2.2  ИД 6.1  ИД 6.2 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 3, ТЗ 3, ИЗ 1 | | | | | |  |
| 4 | **Л 4.** Вычисление эфемерид. Ряды эллиптического движения. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 4 | Видеолекция  в MS Teams |
|  | **ПЗ 4.** Тригонометрические ряды. Ряды по степеням эксцентриситета. Ряды по степеням средней аномалии. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 4 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-4** Ряды эллиптического движения. Регуляризация. |  |  |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 4, ТЗ 4 | | | | | |  |
| 5 | **Л 5.** Неравенство Зундмана. Задача двух тел с переменными массами.  . | РО 1  РО 4.2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 5 | Видеолекция  в MS Teams |
| 5 | **ПЗ 5.** Неравенство Зундмана.Уравнение Мещерского. Различные формулировки задачи двух тел с переменными массами. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 5 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-5** Задача двух тел с переменными массами. |  | ИД 6.3 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 5, ТЗ 5, ИЗ 2 | | | | | |  |
| 5 | **РК 1** |  |  |  | 100 |  |  |
| 6 | **Л 6.**  Уравнения абсолютного движения задачи многих тел. Десять классических интегралов. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 6 | Видеолекция  в MS Teams |
| 6 | **ПЗ 6.** Интегралы движения центра масс. Интегралы площадей. Интеграл энергии. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 6 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-6** Десять классических интегралов. |  |  |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 6, ТЗ 6 | | | | | |  |
| 7 | **Л 7.**  Уравнения барицентрического движения. Уравнение Лагранжа-Якоби. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 7 | Видеолекция  в MS Teams |
| 7 | **ПЗ 7.** Интегралы барицентрического движения. Уравнение Лагранжа-Якоби. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 7 | Вебинар в MS Teams |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 7, ТЗ 7 | | | | | |  |
| 8 | **Л 8.** Теорема о вириале. Неравенство Зундмана. Уравнения относительного движения. Уравнения движения в координатах Якоби | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 8 | Видеолекция  в MS Teams |
| 8 | **ПЗ 8.** Теорема о вириале. Неравенство Зундмана.Интегралы относительного движения. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 8 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-7** Уравнения относительного движения. Уравнения движения в координатах Якоби. |  | ИД 2.1  ИД 2.2  ИД 6.1  ИД 6.2 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 8, ТЗ 8, ИЗ 3 | | | | | |  |
| 9 | **Л 9.**  Уравнения движения в оскулирующих элементах. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 9 | Видеолекция  в MS Teams |
| 9 | **ПЗ 9.** Оскулирующие элементы. Основная операция. Уравнения Ньютона-Эйлера. Элементы Якоби. Уравнения Лагранжа. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 9 | Вебинар в MS Teams |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 9, ТЗ 9 | | | | | |  |
| 10 | **Л 10.**  Приближенное решение уравнений движения. Теоремы Лапласа. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 10 | Видеолекция  в MS Teams |
| 10 | **ПЗ 10.** Аналитическая структура решений. Теорема Лапласа о возмущениях больших полуосей. Теорема Лапласа об устойчивости Солнечной системы. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 10 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-8** Уравнения движения в оскулирующих элементах. |  | ИД 6.3 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 10, ТЗ 10, ИЗ 4 | | | | | |  |
| 10 | **МТ (Midterm Exam)** |  |  |  | 100 |  |  |
| 11 | **Л 11.** Ограниченная круговая задача трех тел. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 11 | Видеолекция  в MS Teams |
| 11 | **ПЗ 11.** Интеграл Якоби. Точки либрации. Поверхности Хилла. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 11 | Вебинар  в MS Teams |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 11, ТЗ 11 | | | | | |  |
| 12 | **Л 12.** Ограниченная эллиптическая задача трех тел. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2.  ИД 3.1.  ИД 3.2. | 1 |  | ВС 12 | Видеолекция  в MS Teams |
| 12 | **ПЗ 12.**  Уравнения движения. Точки либрации. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 12 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-9** Ограниченная круговая задача трех тел. |  | ИД 2.1  ИД 2.2  ИД 6.1  ИД 6.2 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 12, ТЗ 12, ИЗ 5 | | | | | |  |
| 13 | **Л 13.** Поверхности минимальной энергии. Некоторые астрономические приложения поверхностей минимальной энергии. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1.  ИД 2.2. | 1 |  | ВС 13 | Видеолекция  в MS Teams |
| 13 | **ПЗ 13**. Построение поверхностей минимальной энергии. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 13 | Вебинар  в MS Teams |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 13, ТЗ 13 | | | | | |  |
| 14 | **Л 14.** Общая задача трех тел. | РО 1  РО 2 | ИД 1.2  ИД 2.2 | 1 |  | ВС 14 | Видеолекция  в MS Teams |
| 14 | **ПЗ 14**. Строгие частные решения. Поверхности Зундмана. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 14 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРС-10** Общая задача трех тел. |  | ИД 6.3 |  |  |  |  |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 14, ТЗ 14 | | | | | |  |
| 15 | **Л 15**. Введение в астродинамику. | РО 1  РО 2  РО 4 | ИД 1.1.  ИД 2.2.  ИД 4.3. | 1 |  | ВС 15 | Видеолекция  в MS Teams |
|  | **ПЗ 15**. Маневры космических аппаратов. Нецентральность поля тяготения. Сопротивление атмосферы. | РО 3  РО 4 | ИД 3.2.  ИД 4.1. ИД 4.2. | 2 | 12 | ТЗ 15 | Вебинар  в MS Teams |
|  | Суббота 23.00 - ДЕДЛАЙН сдачи ВС 15, ТЗ 15, ИЗ 6 | | | | | |  |
|  | **РК 2** |  |  |  | 100 |  |  |

[С о к р а щ е н и я: ВС – вопросы для самопроверки; ТЗ – типовые задания; ИЗ – индивидуальные задания; КР – контрольная работа; РК – рубежный контроль.

З а м е ч а н и я:

- Форма проведения Л и ПЗ**:** вебинар в MS Teams/Zoom(презентация видеоматериалов на 10-15 минут, затем его обсуждение/закрепление в виде дискуссии/решения задач/...)

- Форма проведения КР**:** вебинар (по окончании студенты сдают скрины работ старосте, староста высылает их преподавателю) / тест в СДО Moodle.

- Все материалы курса (Л, ВС, ТЗ, ИЗ и т.п.) см. по ссылке (см. Литература и ресурсы, п. 6).

- После каждого дедлайна открываются задания следующей недели.

- Задания для КР преподаватель выдает в начале вебинара.]

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры теоретической и ядерной физики

от « \_\_ » \_\_\_2021 г., протокол № \_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.К. Ибраимов

(подпись)

Одобрена на заседании методического бюро факультета.

« \_\_» \_\_\_\_ 2021 г., протокол № \_\_

Председатель методбюро факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Т.Габдуллина

(подпись)

Программа утверждена на Ученом совете факультета .

« \_\_» \_\_\_\_ 2021 г., протокол № \_\_

Председатель ученого совета,

Декан факультета\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Е. Давлетов

Лектор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Беков