

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ С.Т. Князев
« ____ » _____ 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА**

| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
|---|--|
| Модуль НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА | Код модуля 1108750 |
| Образовательная программа АСТРОНОМИЯ | Код ОП 03.05.01/01.02 |
| Траектория образовательной программы (ТОП) | |
| Направление подготовки «АСТРОНОМИЯ» | Код направления и уровня подготовки 03.05.01 |
| Уровень подготовки СПЕЦИАЛИТЕТ | |
| ФГОС ВО | Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № приказа 852 |

Екатеринбург, 2014

Программа модуля составлена авторами:

| № п/п | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Кафедра | Подпись |
|-------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|---|---------|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | д.ф.-м.н., доцент | Заведующий кафедрой | Кафедра астрономии, геодезии и МОС | |

Руководитель модуля

Э.Д. Кузнецов

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

Председатель учебно-методического совета
Протокол № ____ от _____ г.

Е.С. Буянова

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Руководитель образовательной программы (ОП), для которой реализуется модуль

Э.Д. Кузнецов

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

1.1. Объем модуля, з.е. – 9 з.е.

1.2. Аннотация содержания модуля

Небесная механика, являясь одним из разделов естествознания, изучает механические формы движения небесных тел (как естественных, так и искусственных).

Для успешного освоения модуля необходимо знание общей астрономии, сферической астрономии, общей астрометрии, механики. Полученные студентами знания используются в курсах галактической астрономии, динамики звездных систем, динамики Солнечной системы, теории движения искусственных спутников Земли, космической геодезии, а также в практической деятельности, связанной с наблюдениями космических объектов.

Студенты получают знания о законах движения небесных тел и свойствах этих движений. Студенты приобретают умения и навыки по вычислению эфемерид и определению орбит естественных и искусственных небесных тел, аналитическим методам решения уравнений движения и др.

2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

| Наименования дисциплин | Семестр изучения | Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|--|----------------------|---------------------|------------|---|---|---------------------|----------|
| | | Аудиторные занятия, час. | | | | Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час. | Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час. | Всего по дисциплине | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Всего | | | Час. | Зач. ед. |
| 1 (Б) Теория невозмущенного движения | 7 | 34 | 17 | | 51 | 111 | 18, экзамен | 180 | 5 |
| 2 (Б) Теория возмущенного движения | 8 | 34 | 17 | | 51 | 75 | 18, экзамен | 144 | 4 |
| Всего на освоение модуля | | 68 | 34 | | 102 | 186 | 36 | 324 | 9 |

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

| | | |
|------|---------------------------------------|---|
| 3.1. | Пререквизиты и постреквизиты в модуле | 1. Теория невозмущенного движения; 2. Теория возмущенного движения |
| 3.2. | Кореквизиты | |

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

| Коды ОП, для которых реализуется модуль | Планируемые в ОХОП результаты обучения - РО, которые формируются при освоении модуля | Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля |
|---|---|---|
| 03.05.01/01.02 | РО-03: Самостоятельно или в составе группы вести научный поиск, оценивать результаты своей деятельности | ОК-7 — готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; ОПК-5 — способность и готовность самостоятельно или в составе группы вести научный поиск; ПК-3 — способность к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности. |
| | РО-04: анализировать цели и пути их достижения, а также последствия своей профессиональной деятельности | ОПК-6 — способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и прямого общения через информационно-телекоммуникационную сеть "Интернет" с учетом основных требований информационной безопасности; ПК-12 — владение методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории наблюдений и эксперимента с использованием электронных средств получения, хранения и обработки информации. |

4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

| Дисциплины модуля | | ОК-7 | ОПК-5 | ОПК-6 | ПК-3 | ПК-12 |
|-------------------|---|------|-------|-------|------|-------|
| 1 | (Б) Теория невозмущенного движения | | * | | * | |
| 2 | (Б) Теория возмущенного движения | * | | * | * | * |

5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

Не предусмотрена

6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

| Номер листа изменений | Номер протокола заседания проектной группы модуля | Дата заседания проектной группы модуля | Всего листов в документе | Подпись руководителя проектной группы модуля |
|------------------------------|--|---|---------------------------------|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

| Перечень сведений о рабочей программе дисциплины | Учетные данные |
|---|--|
| Модуль НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА | Код модуля 1108750 |
| Образовательная программа АСТРОНОМИЯ | Код ОП 03.05.01/01.02 |
| Направление подготовки «АСТРОНОМИЯ» | Код направления и уровня подготовки 03.05.01 |
| Уровень подготовки СПЕЦИАЛИТЕТ | |
| ФГОС ВО | Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № приказа 852 |

Екатеринбург, 2014

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Кафедра | Подпись |
|--------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | д.ф.-м.н., доцент | Заведующий кафедрой | Кафедра астрономии, геодезии и МОС | |

Руководитель модуля

Э.Д. Кузнецов

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

Председатель учебно-методического совета
Протокол № ____ от _____ г.

Е.С. Буянова

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Небесная механика, являясь одним из разделов естествознания, изучает механические формы движения небесных тел (как естественных, так и искусственных).

Вторая часть модуля «Небесная механика» посвящена теории возмущенного движения, включает в себя такие темы, как решение задачи N тел, а также дает описание возмущающей функции и ее разложение.

Для успешного освоения курса необходимо знание общей астрономии, сферической астрономии, общей астрометрии, механики. Полученные студентами знания используются в курсах галактической астрономии, динамики звездных систем, динамики Солнечной системы, теории движения искусственных спутников Земли, космической геодезии, а также в практической деятельности, связанной с наблюдениями космических объектов.

Студенты получают знания о законах движения небесных тел и свойствах этих движений. Студенты приобретают умения и навыки по вычислению эфемерид и определению орбит естественных и искусственных небесных тел, аналитическим методам решения уравнений движения и др.

1.2. Язык реализации программы - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-7);
- способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и прямого общения через информационно-телекоммуникационную сеть "Интернет" с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);
- способность к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности (ПК-3);
- владение методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории наблюдений и эксперимента с использованием электронных средств получения, хранения и обработки информации (ПК-12).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, элементов математической логики, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики, теории вероятностей и математической статистики, случайных процессов, статистического оценивания и проверки гипотез, статистических методов обработки экспериментальных данных, элементов теории функций комплексной переменной.

Уметь:

- применять математические методы при решении профессиональных задач повышенной сложности.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами построения математической модели профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.

1.4. Объем дисциплины

| № п/п | Виды учебной работы | Объем дисциплины | | Распределение объема дисциплины по семестрам (час.) |
|-------|--|------------------|---------------------------------|---|
| | | Всего часов | В т.ч. контактная работа (час.) | 8 |
| 1. | Аудиторные занятия | 51 | 51 | 51 |
| 2. | Лекции | 34 | 34 | 34 |
| 3. | Практические занятия | 17 | 17 | 17 |
| 4. | Лабораторные работы | | | |
| 5. | Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации | 75 | 7.65 | 75 |
| 6. | Промежуточная аттестация | 18 | 2.33 | Э (18) |
| 7. | Общий объем по учебному плану, час. | 144 | 60.98 | 144 |
| 8. | Общий объем по учебному плану, з.е. | 4 | | 4 |

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины | Содержание |
|-------------------|--|--|
| P1 | Задача N тел | Уравнения абсолютного движения. Силовая функция. Интегралы движения барицентра. Интегралы площадей и энергии. Уравнения относительного движения. Понятие о пертурбационной функции и возмущенном движении. Координаты Якоби. Формула Лагранжа–Якоби. Теорема вириала. Сфера тяготения. Сфера действия. |
| P2 | Оскулирующие элементы | Определение оскулирующих элементов. Мгновенные и оскулирующие элементы. Оскулирующий эллипс. Основная операция. Уравнения Ньютона–Эйлера. Элементы, удобные при малых наклонах и эксцентриситетах. Уравнения Лагранжа. Разложение возмущающей функции. Вековые, смешанные, долгопериодические и короткопериодические возмущения. |
| P3 | Аналитическое интегрирование уравнений возмущенного движения | Метод малого параметра Ляпунова–Пуанкаре. Малые знаменатели. Сходимость классических разложений небесной механики. |
| P4 | Вековые возмущения | Теорема Лапласа–Лагранжа об отсутствии вековых возмущений больших полуосей планетных орбит. Теорема Лапласа об устойчивости Солнечной системы. Метод Гаусса вычисления вековых возмущений. Основные идеи метода осреднения. Основы теории Колмогорова–Арнольда–Мозера. |
| P5 | Ограниченная задача трех тел | Эйлеровы и лагранжевы случаи задачи трех тел. Уравнения движения. Интеграл Якоби. Поверхности нулевой скорости. Особые точки поверхности нулевой скорости. Критерий Тиссерана. Движение в окрестности точек либрации. |

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Объем модуля (зач.ед.):9

Объем дисциплины (зач.ед.):4

| Раздел дисциплины | | Аудиторные занятия (час.) | | | | Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|--------------------------------|--------|----------------------|---|---|---|--------|--------------------------|----------------------|---|--------------|------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|---|------------------------------|--|--|------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------|-------|---------|-----------------------------------|------------------|
| Код раздела, темы | Наименование раздела, темы | Всего по разделу, теме (час.) | Всего аудиторной работы (час.) | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Всего самостоятельной работы студентов (час.) | Подготовка к аудиторным занятиям (час.) | | | | Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.) | | | | | | Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.) | | Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.) | Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Всего (час.) | Лекция | Практ., семинар, занятие | Лабораторное занятие | Н/н семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура) | Всего (час.) | Домашняя работа* | Графическая работа* | Реферат, эссе, творч. работа* | Проектная работа* | Расчетная работа, разработка программного продукта* | Расчетно-графическая работа* | Домашняя работа на иностранном языке* | Перевод иноязычной литературы* | Курсовая работа* | Курсовой проект* | Всего (час.) | Контрольная работа* | Коллоквиум* | Зачет | Экзамен | Интегрированный экзамен по модулю | Проект по модулю |
| P1 | Задача N тел | 33 | 12 | 8 | 4 | | 21 | 13 | 8 | 5 | | | | | | | | | 8 | 1 | | Зачет | Экзамен | Интегрированный экзамен по модулю | Проект по модулю | | | | | |
| P2 | Оскулирующие элементы | 25 | 12 | 8 | 4 | | 13 | 13 | 8 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P3 | Аналитическое интегрирование уравнений возмущенного движения | 20 | 9 | 6 | 3 | | 11 | 11 | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P4 | Вековые возмущения | 33 | 12 | 8 | 4 | | 21 | 13 | 8 | 5 | | | | | | | | | 8 | 1 | | | | | | | | | | |
| P5 | Ограниченная задача трех тел | 15 | 6 | 4 | 2 | | 9 | 9 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Всего (час), без учета промежуточной аттестации: | | 126 | 51 | 34 | 17 | | 75 | 59 | 34 | 25 | | | | | | | | | 16 | 16 | | | | | | | | | | |
| Всего по дисциплине (час.): | | 144 | 51 | | | | 93 | В т.ч. промежуточная аттестация | | | | | | | | | | | 0 | 18 | 0 | 0 | | | | | | | | |

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

| Код раздела, темы | Номер работы | Наименование работы | Время на проведение занятия (час.) |
|-------------------|--------------|------------------------------|------------------------------------|
| P1 | 1 | Гравитационные сферы | 4 |
| P2 | 2 | Уравнения Ньютона–Эйлера | 2 |
| P2 | 3 | Уравнения Лагранжа | 2 |
| P3 | 4 | Асимптотические методы | 3 |
| P4 | 5 | Вековые возмущения | 4 |
| P5 | 6 | Ограниченная задача трех тел | 1 |
| P5 | 7 | Критерий Тиссерана | 1 |
| Всего: | | | 17 |

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрен

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

- 1 Контрольная работа №1: Гравитационные сферы и кусочно-конические траектории
- 2 Контрольная работа №2: Ограниченная задача трех тел. Критерий Тиссерана.

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

| Код раздела, темы дисциплины | Активные методы обучения | | | | | | Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------------|------------------|-------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--|---|-------------------------|
| | Проектная работа | Кейс-анализ | Деловые игры | Проблемное обучение | Командная работа | Другие (указать, какие) | Сетевые учебные курсы | Виртуальные практикумы и тренажеры | Вебинары и видеоконференции | Асинхронные web-конференции и семинары | Совместная работа и разработка контента | Другие (указать, какие) |
| P1-P5 | | | | * | | | | | | | | |

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ПРИЛОЖЕНИЕ 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

1 Дубошин Г.Н. Небесная механика: основные задачи и методы. М., Наука, 1975. – 8 экз.

9.1.2. Дополнительная литература

- 1 Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М., Наука, 1968 – 7 экз.
- 2 Ворович, И.И. Лекции по динамике Ньютона. Современный взгляд на механику Ньютона и ее развитие. В 2 частях / И.И. Ворович. – М. : Физматлит, 2010. – Ч. 2. – 602 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68150>.
- 3 Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра / под ред. Б.М. Шустова, Л.В. Рыхловой. – М. : Физматлит, 2010. – 385 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68834>.
- 4 Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964 – 6 экз.

9.2. Методические разработки

Не используются

9.3. Программное обеспечение

- 1 Microsoft Visual Studio
- 2 Celestial Mechanics (приложение к монографии Beutler G. Methods of Celestial Mechanics. Vol. 1, 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.)
- 3 Система компьютерной алгебры TRIP, <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/trip/trip.php>.
- 4 Система компьютерной алгебры Piranha, <https://github.com/bluescarni/piranha>

- 5 Набор интеграторов гравитационной задачи N тел, NBI. <http://www.atmos.ucla.edu/~varadi>.
- 6 Интегратор задачи N тел Mercury 6.2. <http://www.arm.ac.uk/~jec/>.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- 3 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

9.5. Электронные образовательные ресурсы

Небесная механика [Электронный ресурс] .— Электрон. дан. ([485] Мб) .— [Б. м.] : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", [2005] .— 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) .— (Электронная библиотека) .— Загл. с этикетки диска .— Доступ из сети Научной библиотеки УрГУ.— :<http://lib.usu.ru/storage/1310983/>.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Специально оборудованные аудитории УрФУ с видеопроекционным комплексом на базе мультимедийного проектора и настольного ПК (ауд. 240, Куйбышева, 48).

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 0.5

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| 1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4 | | |
| Текущая аттестация на лекциях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение | VIII, 1-17 неделя | 20 |
| Экспресс-опрос (4) | VIII, 4, 8, 12, 16 недели | 80 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.6 | | |
| Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.4 | | |
| 2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.6 | | |
| Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение | VIII, 1-17 неделя | 20 |
| Выполнение контрольной работы №1 на занятии (математические методы при решении профессиональных задач повышенной сложности) | VIII, 3 неделя | 30 |
| Выполнение контрольной работы №2 на занятии (методы построения математической модели профессиональных задач и содержательная интерпретации полученных результатов) | VIII, 15 неделя | 30 |
| Выполнение заданий на занятиях | VIII, 1-17 неделя | 20 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0 | | |
| Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0 | | |
| 3. Лабораторные занятия: не предусмотрены | | |

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

| | |
|--|--|
| Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина | Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре |
| Семестр 8 | 1.0 |

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ
НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

НТК не применяется.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

| Компоненты компетенций | Признаки уровня освоения компонентов компетенций | | |
|------------------------|--|---|---|
| | пороговый | повышенный | высокий |
| Знания | Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. | Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях. | Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях. |
| Умения | Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий) |
| Личностные качества | Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу | Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность. | Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход. |

8.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

НТК не проводится.

8.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1 Задача N тел: постановка задачи, уравнения абсолютного движения.
- 2 Силовая функция системы N материальных точек.
- 3 Задача N тел: первые интегралы движения.
- 4 Задача N тел: уравнения относительного движения.
- 5 Задача N тел: уравнения движения в координатах Якоби.
- 6 Формула Лагранжа–Якоби. Теорема вириала.
- 7 Гравитационные сферы.
- 8 Мгновенные и оскулирующие элементы.
- 9 Основная операция.
- 10 Уравнения Ньютона–Эйлера для параметра орбиты, долготы восходящего узла и наклона.
- 11 Уравнение Ньютона–Эйлера для большой полуоси.
- 12 Уравнение Ньютона–Эйлера для эксцентриситета.
- 13 Уравнение Ньютона–Эйлера для аргумента широты.
- 14 Уравнение Ньютона–Эйлера для средней аномалии.
- 15 Уравнения Лагранжа, их свойства.
- 16 Разложение возмущающей функции.
- 17 Метод малого параметра Ляпунова–Пуанкаре.
- 18 Классификация возмущений.
- 19 Малые знаменатели. Сходимость классических разложений небесной механики.
- 20 Теорема Лапласа–Лагранжа об отсутствии вековых возмущений больших полуосей планетных орбит.
- 21 Метод Гаусса вычисления вековых возмущений.
- 22 Основные идеи метода осреднения.
- 23 Теорема Лапласа об устойчивости Солнечной системы.
- 24 Основы теории Колмогорова–Арнольда–Мозера.
- 25 Эйлеровы и Лагранжевы случаи задачи трех тел.
- 26 Уравнения движения ограниченной задачи трех тел. Интеграл Якоби.
- 27 Поверхности нулевой скорости в ограниченной задаче трех тел.
- 28 Особые точки поверхности нулевой скорости в ограниченной задаче трех тел.
- 29 Критерий Тиссерана.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ НЕВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

| Перечень сведений о рабочей программе дисциплины | Учетные данные |
|---|--|
| Модуль НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА | Код модуля 1108750 |
| Образовательная программа АСТРОНОМИЯ | Код ОП 03.05.01/01.02 |
| Направление подготовки «АСТРОНОМИЯ» | Код направления и уровня подготовки 03.05.01 |
| Уровень подготовки СПЕЦИАЛИТЕТ | |
| ФГОС ВО | Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № приказа 852 |

Екатеринбург, 2014

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Кафедра | Подпись |
|------------------|-------------------------------|--|------------------------|---|----------------|
| 1 | Кузнецов Эдуард Дмитриевич | д.ф.-м.н., доцент | Заведующий кафедрой | Кафедра астрономии, геодезии и МОС | |

Руководитель модуля

Э.Д. Кузнецов

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

Председатель учебно-методического совета
Протокол № ____ от _____ г.

Е.С. Буянова

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ НЕВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Небесная механика, являясь одним из разделов естествознания, изучает механические формы движения небесных тел (как естественных, так и искусственных).

Первая часть модуля «Небесная механика» посвящена классической теории невозмущенного движения и включает в себя такие темы, как задача двух тел, вычисление эфемерид небесных тел и определение невозмущенных орбит.

Для успешного освоения курса необходимо знание общей астрономии, сферической астрономии, общей астрометрии, механики. Полученные студентами знания используются в курсах галактической астрономии, динамики звездных систем, динамики Солнечной системы, теории движения искусственных спутников Земли, космической геодезии, а также в практической деятельности, связанной с наблюдениями космических объектов.

Студенты получают знания о законах движения небесных тел и свойствах этих движений. Студенты приобретают умения и навыки по вычислению эфемерид и определению орбит естественных и искусственных небесных тел, аналитическим методам решения уравнений движения и др.

1.2. Язык реализации программы - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность и готовность самостоятельно или в составе группы вести научный поиск (ОПК-5);
- способность к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности (ПК-3).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- физическую картину мира на различных пространственно-временных масштабах и основные физические процессы, ответственные за природу и наблюдаемые особенности космических объектов и явлений;
- основные методы и результаты современной астрономии;
- основные методы и приемы проведения научных исследований;
- основные методы и результаты фундаментальной и прикладной математики, физики и численных методов;
- основы специальных астрономических и других естественнонаучных дисциплин.

Уметь:

- использовать приобретенные знания для астрофизических исследований;
- использовать астрономические и физико-математические методы при решении задач астрономии;
- использовать экспериментальные и теоретические методы проведения научных исследований;
- профессионально использовать физико-математические методы решения задач;
- находить точки соприкосновения различных наук.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками работы с астрономическими результатами и данными;
- навыками использования новых знаний и умений при проведении научных исследований.

1.4. Объем дисциплины

| № п/п | Виды учебной работы | Объем дисциплины | | Распределение объема дисциплины по семестрам (час.) |
|-------|--|------------------|---------------------------------|---|
| | | Всего часов | В т.ч. контактная работа (час.) | 7 |
| 1. | Аудиторные занятия | 51 | 51 | 51 |
| 2. | Лекции | 34 | 34 | 34 |
| 3. | Практические занятия | 17 | 17 | 17 |
| 4. | Лабораторные работы | | | |
| 5. | Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации | 111 | 7.65 | 111 |
| 6. | Промежуточная аттестация | 18 | 2.33 | Э (18) |
| 7. | Общий объем по учебному плану, час. | 180 | 60.98 | 180 |
| 8. | Общий объем по учебному плану, з.е. | 5 | | 5 |

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины | Содержание |
|-------------------|----------------------------------|---|
| P1 | Введение | Предмет небесной механики. Отношение небесной механики к другим разделам астрономии. Основные задачи небесной механики. Краткий исторический очерк ее развития. Содержание курса небесной механики. |
| P2 | Задача двух тел | Постановка задачи. Дифференциальные уравнения движения в абсолютных, относительных и барицентрических координатах. Интегралы площадей. Интеграл энергии. Интеграл Лапласа. Уравнение орбиты. Типы невозмущенного движения (эллиптическое, параболическое, гиперболическое, круговое, прямолинейное). Скорость движения по орбите. Компоненты скорости. Космические скорости. Кеплеровы элементы орбиты. |
| P3 | Вычисление эфемерид небесных тел | Уравнение Гаусса. Эксцентрическая аномалия. Среднее движение и средняя аномалия. Уравнение Кеплера для эллиптического движения. Астрономическая система единиц. Обобщенный третий закон Кеплера. Определение масс планет, обладающих спутниками. Уравнение Баркера. Аналог уравнения Кеплера для гиперболической орбиты. Уравнение Эйлера. Формула Ламберта. Вычисление прямоугольных гелиоцентрических координат. Геоцентрические координаты. Эклиптические и экваториальные координаты. Векторные элементы. Сферические геоцентрические координаты. Вычисление невозмущенной эфемериды. |
| P4 | Определение невозмущенных орбит | Определение элементов орбиты по положению и скорости. Определение элементов орбиты по двум положениям. Метод Гаусса нахождения параметра орбиты. Решение уравнений Гаусса. Уравнение |

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины | Содержание |
|-------------------|------------------------------|--|
| | | плоскости. Выражение площадей треугольников через время. Первое приближение для гелиоцентрических координат. Улучшение результатов первого приближения. Планетная абберация. Второе и дальнейшие приближения. Основы метода Лапласа определения орбиты по наблюдениям. Уточнение элементов орбит по полному набору наблюдений. |
| Р5 | Ряды эллиптического движения | Разложение координат в эллиптическом движении: по степеням времени; в ряды Фурье; по степеням эксцентриситета. Формула Лагранжа. Уравнение центра. Сходимость рядов эллиптического движения. |

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

| Код раздела, темы | Номер работы | Наименование работы | Время на проведение занятия (час.) |
|-------------------|--------------|---|------------------------------------|
| P1 | 1 | Введение | 4 |
| P2 | 2 | Элементарные формулы кеплерова движения | 2 |
| P2 | 3 | Скорость движения по кеплеровой орбите | 2 |
| P3 | 4 | Полет по кеплеровой орбите | 1 |
| P3 | 5 | Формула Ламберта, уравнение Эйлера | 1 |
| P3 | 6 | Вычисление эфемерид | 1 |
| P4 | 7 | Определение орбит | 2 |
| P4 | 8 | Перелеты между небесными телами | 2 |
| P5 | 9 | Ряды эллиптического движения | 2 |
| Всего: | | | 17 |

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Домашняя работа №1: Задача двух тел

Домашняя работа №2: Определение невозмущенных орбит

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа №1: Вычисление эфемериды небесного тела

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Контрольная работа №1: Движение по кеплеровой орбите

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

| Код раздела, темы дисциплины | Активные методы обучения | | | | | Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------------|------------------|---|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|---|
| | Проектная работа | Кейс-анализ | Деловые игры | Проблемное обучение | Командная работа | Другие (указать, какие) | Сетевые учебные курсы | Виртуальные практикумы и тренажеры | Вебинары и видеоконференции | Асинхронные web-конференции и семинары | Совместная работа и разработка контента |
| P1-P5 | | | | * | | | | | | | |

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ПРИЛОЖЕНИЕ 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

1 Дубошин Г.Н. Небесная механика: основные задачи и методы. М., Наука, 1975.– 8 экз.

9.1.2. Дополнительная литература

1 Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964. – 6 экз.

2 Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М., Наука, 1968.– 7 экз.

3 Ворович, И. И. Лекции по динамике Ньютона. Современный взгляд на механику Ньютона и ее развитие : [монография : в 2 ч.]. Ч. 2.– Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010.– 604 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68150>

9.2. Методические разработки

Не используются

9.3. Программное обеспечение

1 Microsoft Visual Studio

2 Celestial Mechanics (приложение к монографии Beutler G. Methods of Celestial Mechanics. Vol. 1, 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.)

3 Система компьютерной алгебры TRIP, <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/trip/trip.php>.

4 Система компьютерной алгебры Piranha, <https://github.com/bluescarni/piranha>

5 Набор интеграторов гравитационной задачи N тел, NBI. <http://www.atmos.ucla.edu/~varadi>.

6 Интегратор задачи N тел Mercury 6.2. <http://www.arm.ac.uk/~jec/>.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- 3 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

9.5. Электронные образовательные ресурсы

Небесная механика [Электронный ресурс] .— Электрон. дан. ([485] Мб) .— [Б. м.] : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", [2005] .— 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) .— (Электронная библиотека) .— Загл. с этикетки диска .— Доступ из сети Научной библиотеки УрГУ.— <URL:<http://lib.usu.ru/storage/1310983/>>.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Специально оборудованные аудитории УрФУ с видеопроекционным комплексом на базе мультимедийного проектора и настольного ПК (ауд. 240, Куйбышева, 48).

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 0.5

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

| 1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6 | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Текущая аттестация на лекциях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение (9) | VII, 1-17 | 20 |
| Экспресс-опрос (4) | VII, 4, 8, 12, 16 | 40 |
| Домашняя работа №1 (астрономические и физико-математические методы при решении задач астрономии) | VII, 6 | 20 |
| Домашняя работа №2 (экспериментальные и теоретические методы проведения научных исследований) | VII, 12 | 20 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.3 | | |
| Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.7 | | |
| 2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4 | | |
| Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Посещение практических занятий (18) | VII, 1-17 | 20 |
| Выполнение контрольной работы №1 на занятии (методы и результаты современной астрономии) | VII, 9 | 20 |
| Выполнение заданий на занятиях (18) | VII, 1-17 | 20 |
| Расчетно-графическая работа №1 (работа с астрономическими результатами и данными; использование новых знаний и умений при проведении научных исследований) | VII, 10-17 | 40 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0 | | |
| Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.0 | | |
| 3. Лабораторные занятия: не предусмотрены | | |

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

| Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина | Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре |
|--|--|
| Семестр 7 | 1.0 |

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ
НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

Не применяется

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

| Компоненты компетенций | Признаки уровня освоения компонентов компетенций | | |
|------------------------|--|---|---|
| | пороговый | повышенный | высокий |
| Знания | Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. | Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях. | Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях. |
| Умения | Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий) |
| Личностные качества | Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу | Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность. | Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход. |

8.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

НТК не проводится

8.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1 Задача двух тел: постановка задачи, уравнения движения, интегралы движения центра масс.
- 2 Задача двух тел: интеграл площадей.
- 3 Задача двух тел: интеграл энергии.
- 4 Задача двух тел: интеграл Лапласа.
- 5 Уравнение орбиты.
- 6 Скорость движения по орбите, компоненты скорости, формула квадрата скорости.
- 7 Космические скорости.
- 8 Кеплеровы элементы орбиты.
- 9 Эксцентрическая аномалия. Уравнение Гаусса.
- 10 Среднее движение и средняя аномалия. Уравнение Кеплера.
- 11 Астрономическая система единиц.
- 12 Обобщенный третий закон Кеплера. Определение масс планет, обладающих спутниками.
- 13 Движение по гиперболической орбите.
- 14 Движение по параболической орбите.
- 15 Уравнение Эйлера.
- 16 Формула Ламберта.
- 17 Переход от элементов орбиты к прямоугольным координатам.
- 18 Эклиптические и экваториальные координаты. Векторные элементы орбиты.
- 19 Гелиоцентрические и геоцентрические координаты.
- 20 Вычисление невозмущенной эфемериды.
- 21 Определение орбиты по положению и скорости в начальный момент.
- 22 Определение орбиты по двум положениям.
- 23 Определение параболической орбиты по двум положениям.
- 24 Метод Гаусса нахождения параметра орбиты.
- 25 Решение уравнений Гаусса, определяющих отношение площадей сектора и треугольника.
- 26 Метод Гаусса определения орбиты по наблюдениям: число наблюдений, необходимых для определения орбиты; уравнение плоскости.
- 27 Метод Гаусса определения орбиты по наблюдениям: выражение площадей треугольников через время.

- 28 Метод Гаусса определения орбиты по наблюдениям: первое приближение для гелиоцентрических координат.
- 29 Метод Гаусса определения орбиты по наблюдениям: улучшение результатов первого приближения, второе и дальнейшие приближения.
- 30 Метод Лапласа определения орбиты по наблюдениям.
- 31 Улучшение орбит.
- 32 Разложения по степеням эксцентриситета.
- 33 Уравнение центра.
- 34 Разложения в ряды Фурье.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются