Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
_____/Н.М. Буднев
«22» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.Б.11.01 Теоретическая механика

Направление подготовки: 03.03.03 Радиофизика

Тип образовательной программы: Академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №25 от «21» апреля 2020 г.
Председатель _____ Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
Протокол №8
От «14» апреля 2020 г.
И.о. зав. кафедрой _____ С.В. Ловцов

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.....3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля).....3
4. Объем дисциплины и виды учебной работы.....4
5. Содержание дисциплины.....4
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ.....5
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:.....8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....9
10. Образовательные технологии.....9
11. Оценочные средства (ОС).....9
Приложение: фонд оценочных средств

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Дисциплина «Теоретическая механика» начинает курс дисциплин по теоретической физике и предполагает знание основ механики, электродинамики, а также основ математического анализа, линейной алгебры и обыкновенных дифференциальных уравнений.

Цели курса

Целью курса «Теоретическая механика» является ознакомление с основными идеями и методами, используемыми в различных областях физики и составляющими основу теоретического описания широкого круга физических явлений.

Задачи курса

Выработать у специалиста навыки практического использования методов, предназначенных для математического моделирования и описания поведения механических систем, в том числе сплошной среды.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.

«Теоретическая механика» начинает курс дисциплин по теоретической физике. В результате изучения данной дисциплины специалист должен знать основополагающие принципы, понятия и гипотезы, лежащие в основе описания механических систем; понимать приближения, заложенные при выводе соответствующих уравнений; уметь адекватно сопоставлять данную физическую систему способу его описания (выбор формализма описания, выбор переменных); владеть методами решения соответствующих уравнений.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности.	**Знать**: основные принципы и методы, используемые при описании механических систем. **Уметь**: применять эти методы для конкретных задач механики. **Владеть**: методами нахождения законов движения, а также законов сохранения в подходах Лагранжа и Гамильтона.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	**Всего часов / зачетных единиц**	**Семестры**
		3
Аудиторные занятия (всего)	80/2,2	80
Лекции	34/0,9	34
Практические занятия (ПЗ)	34/0,9	34
Самостоятельная работа (всего)	37/1,03	37
Контроль самостоятельной работы	12/0,3	12
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	27 / 0,75	27
Контактная работа (всего)	84/2,3	84
Общая трудоемкость: часы/зачетные единицы	144/4	144

5. Содержание дисциплины

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. МЕХАНИКА НЬЮТОНА. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПОЛЕ

Тема 1. Ньютоновская механика. Законы сохранения. Одномерное движение.

Тема 2. Центрально-симметричное поле. Задача Кеплера. Законы Кеплера.
Тема 3. Вектор Лапласа. Изотропный осциллятор. Задача двух тел.
Тема 4. Задача рассеяния.

Раздел 2. МЕХАНИКА ЛАГРАНЖА

Тема 5. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.
Тема 6. Интегралы движения. Теорема Нетер.
Тема 7. Неинерциальные системы отсчета. Виды связей. Теорема вириала.

Раздел 3. МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Тема 8. Свободные линейные колебания.
Тема 9. Вынужденные колебания. Резонансы. Нормальные координаты.
Тема 10. Параметрический резонанс.
Тема 11. Колебания линейных цепочек, акустические и оптические моды.

Раздел 4. МЕХАНИКА ГАМИЛЬТОНА

Тема 12. Гамильтонов подход. Законы сохранения.
Тема 13. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона.
Тема 14. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля.
Тема 15. Вариационный принцип. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле.
Тема 16. Действие как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона – Якоби.

Раздел 5. ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Тема 17. Кинетическая энергия твердого тела, импульс, момент импульса. Тензор инерции, углы Эйлера.
Тема 18. Уравнения движения твердого тела. Уравнения Эйлера, симметричный волчок.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми дисциплинами

№	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин									
1.	Электродинамика	1.4	2.5	3.11	3.12	3.13	3.15				
2.	Квантовая теория	1.2	1.4	2.5	3.11	3.12	3.13	3.15			

5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел	Тема	Виды занятий в часах		
			Лекции	Практ.	СРС
1.	Раздел 1	Тема 1	2	2	3
2.		Тема2	2	2	2
3.		Тема 3	2	2	2
4.		Тема 4	2	2	2
5.	Раздел 2	Тема 5	2	2	2
6.		Тема 6	2	2	2
7.		Тема 7	2	2	2
8.	Раздел 3	Тема 8	2	2	2
9.		Тема 9	2	2	2
10.		Тема 10	2	2	2
11.		Тема 11	2	2	2
12.	Раздел 4	Тема 12	2	2	2
13.		Тема 13	2	2	2
14.		Тема 14	2	2	2
15.		Тема 15	2	2	2
16.		Тема 16	2	2	2
17.	Раздел 5	Тема 17	1	1	2
18.		Тема 18	1	1	2

6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ

Темы практических занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	Раздел 1, Тема 1	Одномерное движение.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Движение в центрально-симметричном поле.	2	Задание на семинаре в	ОПК-1

				виде задачи	
3.	Раздел 1, Тема 3	Движение в центрально-симметричном поле.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
4.	Раздел 1, Тема 4	Задача рассеяния	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
5.	Раздел 2, Тема 5	Контрольная работа	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
6.	Раздел 2, Тема 6	Уравнения Лагранжа, законы сохранения.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
7.	Раздел 2, Тема 7	Идеальные голономные связи	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
8.	Раздел 3, Тема 8	Одномерные свободные колебания.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
9.	Раздел 3, Тема 9	Многомерные свободные колебания.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
10.	Раздел 3, Тема 10	Вынужденные колебания	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
11.	Раздел 3, Тема 11	Контрольная работа.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
12.	Раздел 4, Тема 12	Гамильтоновы уравнения, законы сохранения	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
13.	Раздел 4, Тема 13	Скобки Пуассона	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
14.	Раздел 4, Тема 14	Канонические преобразования.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
15.	Раздел 4, Тема 15	Частица в электромагнитном поле, гамильтоновы уравнения.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
16.	Раздел 4, Тема 16	Уравнения Гамильтона-Якоби.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
17.	Раздел 5, Тема 17	Движение твердого тела.	1	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1
18.	Раздел 5, Тема 18	Контрольная работа.	1	Задание на семинаре в виде задачи	ОПК-1

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Одномерное движение	Внеаудиторная, решение задач	Малое возмущение потенциала.	Источники из основной и	3

2	Центрально-симметричное поле	Внеаудиторная, решение задач	Условие существования замкнутых траекторий.	дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Сторонние сайты	2
3	Центрально-симметричное поле	Внеаудиторная, решение задач	Кулоновское поле + $1/r^2$ потенциал.		2
4	Задача рассеяния	Внеаудиторная, решение задач	Сечение падения частицы на центр.		2
5	Уравнения Лагранжа.	Внеаудиторная, решение задач	Лагранжианы и уравнения движения для набора простых механических задач.		2
6	Интегралы движения	Внеаудиторная, решение задач	Вектор Лапласа для кулоновского потенциала.		2
7	Учет связей	Внеаудиторная, решение задач	Идеальные голономные связи и исключение переменных.		2
8	Свободные колебания	Внеаудиторная, решение задач	Многомерные колебания и нормальные координаты.		2
9	Свободные колебания	Внеаудиторная, решение задач	Многомерные колебания симметричных систем		2
10	Вынужденные колебания	Внеаудиторная, решение задач	Резонанс		2
11	Колебания линейных цепочек	Внеаудиторная, решение задач	Типы дисперсионных уравнений.		2
12	Гамильтонов подход	Внеаудиторная, решение задач	Гамильтонова форма уравнений, законы сохранения.		2
13	Скобки Пуассона	Внеаудиторная, решение задач	Дополнительные законы движения.		2
14	Канонические преобразования	Внеаудиторная, решение задач	Производящие функции, условия каноничности.		2
15	Гамильтонов подход	Внеаудиторная, решение задач	Частица в электромагнитном поле.		2
16	Уравнение Гамильтона-Якоби	Внеаудиторная, решение задач	Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби		2
17	Движение твердого тела	Внеаудиторная, решение задач	Свойства тензора инерции		2
18	Движение твердого тела	Внеаудиторная, решение задач	Законы сохранения		2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины (параллельно с лекциями) предлагаются задачи по изучаемым разделам и график их изучения. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 8, а затем решит предложенные в п. 6.1 задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ (проектов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Коткин, Г. Л. Лекции по аналитической механике: учеб. пособие / Г. Л. Коткин, В. Г. Сербо, А. И. Черных. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2010. - 235 с. - ISBN 978-5-93972-849-2 (10 экз).
2. Стрелков, С. П. Механика [Электронный ресурс] / С. П. Стрелков. - Москва: Лань, 2005. - 560 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0622-7

б) дополнительная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учеб. пособие: в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стер. - М.: Физматлит, 2007. - Т. 1: Механика. - 2007. - 222 с. - ISBN 978-5-9221-0819-5 (1 экз.)
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов: В 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2004 - . - ISBN 5-9221-0053-x Т.1 : Механика / Ред. Л. П. Питаевский. - 2004. - 223 с. - ISBN 5-9221-0055-6 (2 экз.)
3. Голдстейн, Г. Классическая механика / Г. Голдстейн. - 2-е изд. - М. : Наука, 1975. - 415 с. (22 экз.)
4. Коткин, Г. Л. Сборник задач по классической механике: методические указания / Г. Л. Коткин, В.Г. Сербо. - 3-е изд., испр. и доп. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. - 352 с. - ISBN 5-93972-058-7 (34 экз.)
5. Вильке, В. Г. Теоретическая механика: учебник / В. Г. Вильке. - СПб. : Лань, 2003. - 301 с. - ISBN 5-8114-0520-0 (50 экз.)
6. Гантмахер, Ф.Р. Лекции по аналитической механике: учеб. пособие для вузов / Ф.Р. Гантмахер. - М.: Физматлит, 2002. - 262 с. - ISBN 5-9221-0067-x (3 экз)
7. Павленко, Ю. Г. Лекции по теоретической механике: [Учебник для физ.фак.ун-тов] / Ю.Г. Павленко. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 336 с. -ISBN 5211009657 (нф А477244; нф А481693)
8. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики. Механика. Теория поля. Элементы квантовой механики: учеб. пособие для студ. вузов / Б. В. Медведев. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2007. - 598 с. - ISBN 978-5-9221-0770-9 (нф А599802)
9. Арнольд, В. И. Математические методы классической механики: учеб. пособие для студ. мех.-мат. спец. ун-тов / В. И. Арнольд. – М.: Едиториал УРСС, 2003. - 408 с. - ISBN 5-354-00341-5 (нф А595016)
10. Седов, Л. И. Механика сплошной среды: учеб. для ун-тов и втузов: в 2 т. / Л. И. Седов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Наука, 1983. - Т. 1. - 1983. - 528 с. (нф А225882; нф А228229)
11. Ольховский , И. И. Задачи по теоретической механике для физиков: учеб. пособие / И. И. Ольховский , Ю. Г. Павленко, Л. С. Кузьменков. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2008. - 390 с. - ISBN 978-5-8114-0764-4 (8 экз.)
12. Павленко, Ю. Г. Задачи по теоретической механике: учеб. пособие для студ.вузов / Ю. Г. Павленко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2003. - 535 с. - ISBN 5-9221-0302-4 (1 экз.)

в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы

http://library.isu.ru/ - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

https://isu.bibliotech.ru/ - ЭЧЗ «БиблиоТех»;

http://e.lanbook.com - ЭБС «Издательство «Лань»;

http://rucont.ru - ЭБС «Руконт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;

http://ibooks.ru/ - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий. Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: учебно-методические пособия, задания для аудиторной и самостоятельной работы студентов.

10. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;

практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;

консультации –еженедельно для всех желающих студентов;

самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач.

11. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

Оценочные средства текущего контроля — контрольные работы.

Вариант контрольной работы

1. При каких значениях момента импульса возможно финитное движение в поле U(r)?
2. Найти сечение падения частиц на Землю.

Форма проведения промежуточной аттестации — экзамен.

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

МЕХАНИКА НЬЮТОНА. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПОЛЕ

Основные понятия и принципы классической механики. Приближение инерциальной системы отсчета (ИСО), принцип относительности и преобразования Галилея. Свойства пространства и времени. Основная задача механики.

Законы Ньютона. Механика материальной точки, потенциал, энергия, импульс, момент импульса. Консервативная система, законы сохранения. Интегрирование одномерных уравнений движения. Приближенное решение задачи движения частицы под влиянием возмущения, вызванного малой добавкой δU к потенциалу U .

Задача двух тел. Уравнения движения частицы в центральном поле, интегралы движения, метод эффективного потенциала. Общее решение задачи движения частицы в центральном поле. Исследование траекторий движения. Условие замкнутости траекторий движения при финитном движении. Падение на центр.

Кеплерова задача. Законы Кеплера. Интегралы движения в кулоновском поле.

Рассеяние частиц, эффективное сечение рассеяния. Рассеяние частиц в поле кулоновского потенциала $U(r) = \alpha / r$, формула Резерфорда.

Теорема вириала, примеры применения - изотропный осциллятор $U(r) = kr^2 / 2$, кулоновское поле $U(r) = -\alpha / r$.

МЕХАНИКА ЛАГРАНЖА

Дифференциальные (кинематические) $f(r, \dot{r}, t) = 0$ и конечные (геометрические) $f(r, t) = 0$ связи. Голономные и неголономные системы. Две трудности механики

Ньютона. Обобщенные координаты и число степеней свободы, переход от декартовых к обобщенным координатам. Реакции связей. Примеры. Основная задача динамики системы со связями. Идеальные связи.

Функция Лагранжа (кинетический потенциал), действие. Вариационный принцип Гамильтона (принцип стационарного действия), уравнения Лагранжа 2-го рода. Ковариантность уравнений Лагранжа. Циклические переменные и интегралы движения. Теорема об изменении обобщенной энергии. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа для гармонического осциллятора, частицы в центральном поле.

Симметрии и законы сохранения, теорема Нётер. Законы сохранения импульса, момента импульса и энергии системы материальных точек, как следствие однородности пространства, изотропности пространства, однородности времени.

Потенциал, зависящий от скоростей, обобщенно-консервативная система. Функция Лагранжа заряженной частицы в электромагнитном поле, уравнения движения, сила Лоренца, законы сохранения.

Движение в неинерциальных системах отсчета, силы инерции. Функция Лагранжа и уравнения Лагранжа для материальной точки в системе отсчета, вращающейся относительно ИСО. Кориолисова сила на Земле.

МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Свободные малые колебания систем с одной степенью свободы. Исследование движения материальной точки в потенциальном поле в окрестности положения устойчивого равновесия. Вынужденные колебания и резонанс. Затухающие колебания.

Малые колебания систем со многими степенями свободы. Функция Лагранжа и уравнения движения в нормальных координатах. Колебания трехатомной молекулы.

МЕХАНИКА ГАМИЛЬТОНА

Построение функции Гамильтона из функции Лагранжа. Канонические уравнения Гамильтона. Получение уравнений Гамильтона из вариационного принципа. Теорема сохранения и физический смысл гамильтониана. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле, решение задачи о движении заряженной частицы в однородном магнитном поле.

Скобки Пуассона, их свойства. Запись уравнения Гамильтона через скобки Пуассона. Интегралы движения и скобки Пуассона. Теорема Пуассона и получение новых интегралов движения. Фундаментальные скобки Пуассона.

Канонические преобразования. Производящие функции и индуцированные ими канонические преобразования. Примеры канонических преобразований. Действие как производящая функция канонического преобразования. Теорема Лиувилля. Действие как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона – Якоби.

ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Импульс, момент импульса и кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции, примеры вычисления главных моментов инерции симметрического волчка. Уравнения движения твердого тела. Уравнения Эйлера, их решение для симметрического волчка.

Разработчики:

профессор кафедры теоретической физики А.Е. Калошин

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«14» марта 2020 г.

Протокол №8 И.о.зав. кафедрой С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.