

Об экспериментальном курсе
«Аналитическая механика и теория поля»

М.Г. Иванов
Кафедра теоретической физики МФТИ
ivanov.mg@mipt.ru

18 марта 2016 г.
Методический межпредметный семинар

«Аналитическая механика и теория поля»

3-й семестр

4-й семестр

- «Аналитическая механика»
- «Теория поля»

- Формально — это 2 семестровых курса.
- Фактически — это 1 годовой курс.
- Читается группе 4111 (ФБМФ, 2-й курс)
кафедрой теоретической физики.

Формы контроля (за семестр)

- 2 контрольные (1 пара на контрольную)
- 2 задания
- Несколько микроконтрольных (на 5-10 мин.)
- 1 устный экзамен.

«Аналитическая механика и теория поля»

3-й семестр

- «Аналитическая механика и специальная теория относительности»
- С «Аналитической механикой» не взаимозаменяемо!

4-й семестр

- «Элементы теории колебаний и классическая электродинамика в вакууме»
- С «Теорией поля» не взаимозаменяемо!

Покрытие материала

Теоретическая механика

Теория поля

- Покрывается полностью, **с другими приоритетами.**

- Покрывается полностью

Всё читается в стиле теоретической физики:

- Математика (на физическом уровне строгости) вводится по необходимости.
- Без теорем (в принципе, можно добавить).
- Упор на методы.

Курс сложный (много новых методов), есть некоторый резерв упрощения.

Чем курс привлекателен для лектора?

Общие методы можно ввести рано и отрабатывать (почти) весь год

- Тензоры (в том числе криволинейные=обобщённые координаты)
- Лагранжев формализм и действие
- Гамильтонов формализм
- Гироскопические силы

Методы аналитической механики сразу ориентированы на теоретическую физику.

Уровни проработки материала

(!) На многих задачах

(как дифференцирование).

(*) На одной задаче

(как адиабатический инвариант).

(**) Без задач (по лекции или конспекту)

(факультативный материал).

(***) Материал повышенной сложности

(как **, но с оговоркой: «не берите в голову»).

Последовательность изложения — 1-й семестр

- Законы Ньютона, как законы сохранения и баланса.
- Тензоры
- Действие, лагранжев формализм, теорема Нётер
- Гамильтонов формализм
- **Специальная теория относительности** (почти всё 2-е задание)
- Уравнение Гамильтона-Якоби
- Ньютоновская механика как предел СТО
- Твёрдое тело

Последовательность изложения — 2-й семестр

- Задача Кеплера, теорема вириала
- Одномерные малые колебания
- Сложные колебания (нелинейные, много степеней свободы и пр.)
- Адиабатические инварианты
- Поле как механическая система
- **Электродинамика** (почти всё 2-е задание)

Материал для глубокой проработки (!) — 1-й семестр

- Тензоры
 - В евклидовом пространстве в декартовых координатах
 - В пространстве Минковского в лоренцевских координатах
- Варьирование действия
- Уравнения Гамильтона
- Преобразования Лежандра
- 4-мерные импульсы
- Повороты и преобразования Лоренца
- Скалярный, векторный, 4-мерный потенциалы
- Движение в однородных э.-м. полях

Материал для глубокой проработки (!) — 2-й семестр

- Линеаризация уравнений движения
- Малые колебания (свободные и вынужденные)
- Собственные колебания
- Диполь и квадруполь, магнитный диполь
- Волновой вектор (3- и 4-мерный)
- Дипольное, квадрупольное, магнитное дипольное излучение (полная интенсивность)
- Излучение релятивистской частицы (полная интенсивность, эффект прожектора)

Материал для ознакомления (*) — 1-й семестр

- Частица с переменной массой
- Теорема Нётер
- Криволинейные координаты
- Матрица масс
- Скобки Пуассона
- Уравнение Гамильтона-Якоби
- Принцип Мопертюи
- Некоммутативность преобразований Лоренца
- Прецессия (свободная и вынужденная)

Материал для ознакомления (*) — 2-й семестр

- Дельта-функция и её производные
- Теорема вириала
- Нелинейные колебания
- Параметрический резонанс
- Адиабатический инвариант
- Высшие мультиполи
- Угловое распределение и поляризация мультипольного и синхротронного излучения
- Рассеяние

Различие в взгляде на аналитическую механику

Кафедра
теоретической
механики

- Аналитическая механика **вырастает из** ньютоновской механики как язык **классической** физики

Кафедра
теоретической
физики

- Аналитическая механика **перерастает** ньютоновскую механику как язык **неклассической** физики

Различие в подходах

- Студент до последнего остаётся в уютных рамках классической физики.

(+) Студент без труда освоит основную часть теор. механики.

(-) Студенту придётся осваивать неклассическую физику в спешке

- Студент по возможности раньше выходит за рамки классической физики.

(-) Аналитическую механику будет учить трудно и непривычно.

(+) У студента будет больше времени освоить идеи и методы неклассической физики

Подоплёка противоречия: «Кому нужна неклассическая физика?»

Некоторые специальности могут обходиться классической физикой.

- Неклассическая физика — «чёрный ящик».

Другие предполагают владение неклассической физикой

- Неклассическая физика — инструмент.

Надо ли отчислять студента за незнание квантовой механики?

У разных деканатов разные мнения.

Благодарю за внимание!