

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

А.В.Костарев Т.А. Костарева

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
ВИДЕО КУРС
для студентов и лекторов

Санкт-Петербург

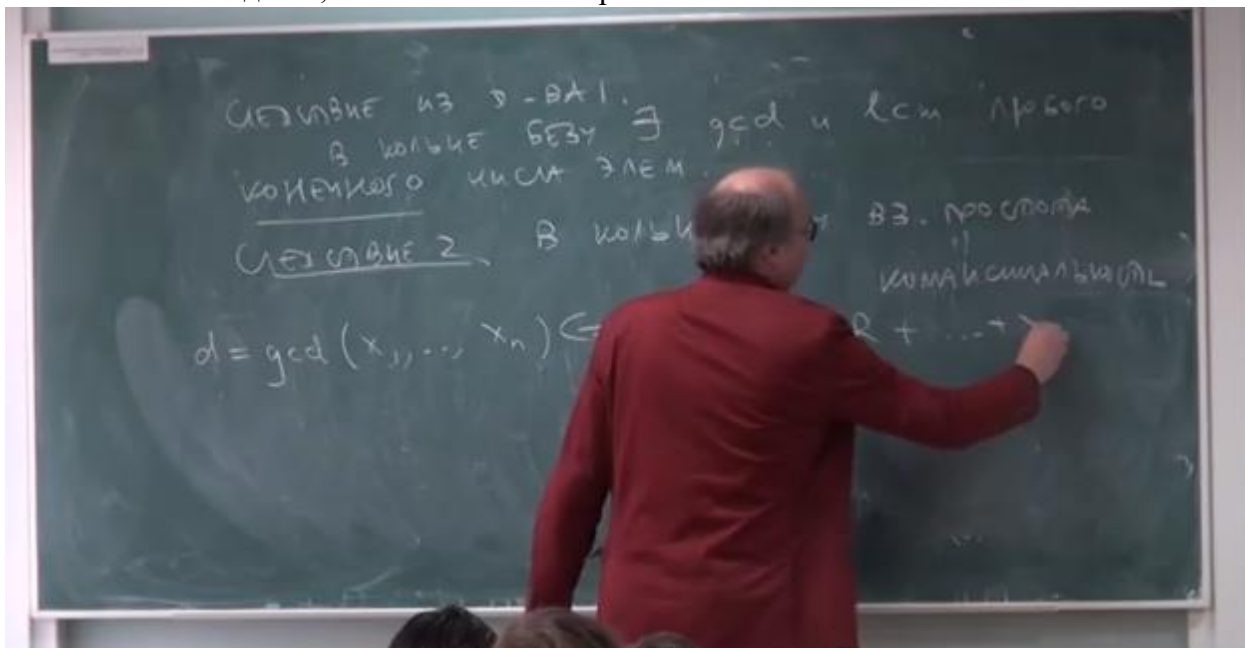
2026

Традиционным методом распространения знаний является лекция. Лектор гуманитарных наук может обойтись без доски, для него важна эмоциональная часть общения с аудиторией.

Для лектора технических наук с большим математическим содержанием эмоциональная составляющая является второстепенной. Главным становится четкость и логика изложения, каллиграфия написания текста, формул и изображения рисунков на доске. Выполнение этих требований физически затруднительно, и трудно достижимо.

Большинство лекторов ограничиваются чтением лекций, заставляя слушателей их конспектировать, не публикуя их содержания в виде пособий. Опубликованные бумажные пособия невозможно исправлять и улучшать. Выход найден в pdf конспектах, размещенных в интернете.

Большое распространение получили видео лекции, записанные на стационарную камеру прямо во время лекции. Это быстро и дешево, но обладает существенными недостатками. Лектор занимает большую часть кадра не всегда кинематографической внешностью с небезупречными каллиграфией и голосом, формулы, написанные плохим мелом на плохой доске, плохо читаются на расстоянии.



На платформе <https://stepik.org/a/71088> опубликован полный курс видео лекции по Теоретической механике для инженеров, выполненных в PowerPoint в формате зеленой аудиторной доски, на которой в ритме записи рукой возникают контрастные тексты, формулы и рисунки максимального разрешения, сопровождаемые голосом лектора, записанным хорошим микрофоном.

§ Главный момент системы сил.

Зависимость главного момента от центра.

Главным моментом системы сил $\{F\}$ относительно центра А называется вектор M_A , равный векторной сумме моментов всех сил системы относительно этого центра.

$$M_A = \sum_{k=1}^n m_A(F_k) \quad (4)$$

$$M_x = \sum_{k=1}^n m_x(F_k); \quad M_y = \sum_{k=1}^n m_y(F_k); \quad M_z = \sum_{k=1}^n m_z(F_k)$$

$$M_A = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}; \quad \cos(M_A; x) = \frac{M_x}{M_A}; \quad \cos(M_A; y) = \frac{M_y}{M_A}; \quad \cos(M_A; z) = \frac{M_z}{M_A} \quad (5)$$

Зависимость главного момента от центра.

$$\sum_{k=1}^n m_A(F_k) = \sum_{k=1}^n m_B(F_k) + AB \times \sum_{k=1}^n F_k$$

$$M_A = M_B + AB \times V \quad V = \sum_{k=1}^n F_k \quad (6)$$

Пример видео лекции можно посмотреть по ссылке:

[Теоретическая механика | Теоретическая механика | Дзен](#)

Приложением к курсу видео лекций являются комплекты электронных задач. Утомительный труд многократной проверки контрольных работ и расчетных заданий студентов передается программе, которая пошагово сравнивает решение студента со скрытым образцом преподавателя.

Программа берет на себя трудоемкие вычисления и указывает студенту шаг, на котором он совершил ошибку. Это позволяет студенту сосредоточиться на правильном написании уравнений и самостоятельно исправить ошибки. Защита соответствующих ячеек исключает манипулирование результатами вычислений.

Случайный выбор исходных данных затрудняет плагиат.

Программная проверка решения предлагаемых электронных задач может осуществляться *на каждом шаге* решения (тренировочные задачи, домашние расчетные задания), либо *в конце* решения (контрольные задачи).

Студенты могут самостоятельно изучать предмет, научиться решать задачи, и оценивать своё понимание предмета.

Лекторы могут читать лекции сидя, комментируя видео, передаваемое с экрана компьютера на телефоны студентов

- Студентам заранее сообщается каким способом ([LetsView](#), [AirDroid Cast](#), [Deskreen](#)) в аудитории будет установлена связь их телефонов с компьютером лектора.

- В аудитории студенты подключают свои телефоны и компьютеры к экрану лектора. Сидя за столом, лектор включает видео лекцию без звука, по микрофону комментирует появляющийся на экранах материал. Останавливает видео для ответа на вопросы студентов, дополнительных разъяснений и примеров на доске. Студенты периодически делают скриншоты экранов
- В результате студенты не ведут записей (часто ошибочных, и отвлекающих внимание), имеют весь правильный конспект с записью пояснений преподавателя для самостоятельной работы.

В курсе содержатся оригинальные результаты:

Статика

- Без избыточных аксиом статики- все выводится из общепризнанных принципов Ньютона.
- Проекция момента находится через присоединенную матрицу радиуса- вектора.
- Без избыточных правил параллельного переноса сил и сложения параллельных сил
- Понятие пары сил обобщено до вращательной системы сил.
- Момент силы относительно оси введен как проекция.
- Показано, что момент плоской системы есть осевой момент.
- Введено понятие статической эквивалентности систем сил, вызывающих одинаковые реакции связей.
- Показано, что теоремы Пуансо и Вариньона, условия существования равнодействующей, правила переноса сил и пар являются простыми следствиями статической эквивалентности.
- Получены правила построения определенных реакций связей.
- Показано, что определимая система состоит максимум из четырех тел.
- Необходимость и достаточность условий равновесия доказаны, а не постулированы
- Предложено матричное решение задач статики в пространстве
- Рассмотрены предельные состояния покоя: опрокидывание и перекачивание, колесо.
- Показано, что трение качения возникает только при вращении мягкого колеса на твердой дороге.
- Введена сила сопротивления дороги движению колеса, объясняющая явление буксования.

Кинематика

- Объяснена природа двух равных составляющих ускорения Кориолиса
- Формула Эйлера выведена как следствие перпендикулярности вектора в теле своей производной
- Предложено матричное решение задач кинематики твердого тела

Динамика

- Матрица инерции тела получена из формулы его кинетического момента.
- Сформулированы общие уравнения всех типов движения тела
- Уравнения Лагранжа и реакции идеальных связей найдены проектированием уравнений Ньютона на скорости точек.

- Показано, что момент силы тяжести гироскопа уравновешен моментом кориолисовых сил инерции.

ПРОГРАММА КУРСА

Статика

- Предмет и модели механики.
- Модуль, проекция и составляющая силы.
- Главный вектор системы сил.
- Момент силы относительно точки.
- Теоремы о моменте.
- Матричное вычисление векторного произведения.
- Присоединенная матрица.
- Аналитическое выражение момента.
- Момент силы относительно оси.
- Алгебраический момент силы относительно центра для плоской системы сил.
- Главный момент системы сил.
- Зависимость главного момента от центра.
- Вращательная система сил. Пара сил.
- Принципы (аксиомы) механики.
- Условия сохранения покоя точки и произвольной дискретной системы.
- Необходимые условия равновесия внешних сил.
- Нагрузка и реакции определимых связей.
- Условия определимости связей
- Прямая задача статики.
- Достаточность условий равновесия внешних сил для сохранения покоя твердого тела.
- Обратная задача статики.
- Скалярные условия равновесия частных систем сил.
- Демонстрация решения интерактивной задачи статики в пространстве
- Теорема о статической эквивалентности нагрузок.
- Эквивалентные преобразования силы и пары.
- Предельные состояния равновесия.
- Общая модель сопротивления движению колеса
- Условия существования равнодействующей.
- Теорема Вариньона.
- Теорема Пуансо.
- Приведенные контактные реакции.
- Тест вопросы по статике
- Задание на равновесие системы двух тел

Кинематика

- Системы отсчета.
- Способы задания движения точки.
- Производная вектор - функции по скалярному аргументу.
- Скорость точки при векторном и координатном способах задания движения.
- Ускорение точки.

- Пример решения задания по кинематике точки
- Формула Эйлера.
- Угловая скорость тела.
- Теорема о распределении скоростей в теле.
- Метод полюса.
- Поступательное движение твердого тела.
- Вращательное движение.
- Угловая скорость и угловое ускорение тела.
- Закон движения плоской фигуры.
- Скорость и ускорение точки плоской фигуры.
- Мгновенный центр скоростей.
- Распределение скоростей в плоской фигуре.
- Мгновенный центр ускорений.
- Распределение ускорений в плоской фигуре.
- Интерактивная задача на плоское движение
- Скорость и ускорение точки свободного тела.
- Абсолютное, относительное и переносное движение точки.
- Связь абсолютной и относительной производных.
- Теорема о сложении скоростей.
- Теорема о сложении ускорений.
- Решение матричным способом интерактивной задачи на составное движение точки
- Теорема о сложении угловых скоростей твердого тела.
- Сложение вращений тела вокруг параллельных осей.
- Пара вращений.
- Дифференциальный и планетарный механизмы.
- Метод Виллиса.
- Сферическое движение тела.
- Углы Эйлера.
- Угловая скорость и угловое ускорение тела.
- Скорость и ускорение точки тела.
- Интерактивные тесты по кинематике

Динамика точки

- Дифференциальные уравнения движения точки.
- Прямая и обратная задачи динамики точки.
- Уравнение динамики относительного движения точки.
- Невыполнение принципа Галилея.
- Условие относительного покоя.
- Условия инерциальности подвижной системы отсчета.
- Принцип относительности Галилея.
- Некоторые доказательства неинерциальности геоцентрической системы.

Динамика материальной системы.

- Центр масс и центр тяжести.
- Классификация сил.
- Дифференциальные уравнения движения системы.
- Теорема об изменении количества движения.
- Теорема о движении центра масс системы.
- Кинетический момент точки и системы относительно центра и оси.
- Кинетический момент системы в сложном движении.

- Теорема об изменении кинетического момента системы.

Динамика твердого тела

- Вращение тела вокруг главной или центральной оси.
- Преобразование матрицы инерции при переносе системы координат из центра инерции. Формула Штейнера-Гюйгенса.
- Общие уравнения различных движения твердого тела.
- Динамическая эквивалентность систем сил.
- Уравнения поступательного движения тела.
- Уравнения вращательного движения тела.
- Уравновешенность вращающегося тела.
- Уравнения плоского движения тела.
- Теорема об изменении кинетической энергии точки и системы.
- Элементарная работа и мощность силы.
- Теорема Кенига.
- Кинетическая энергия твердого тела.
- Мощность силы, приложенной к твердому телу.
Конечная работа силы.

Механика Лагранжа

- Классификация связей.
- Обобщенные координаты.
- Число степеней свободы системы.
- Возможная, действительная и виртуальная скорость точки системы.
- Идеальные связи.
- Обобщенные силы и реакции.
- Статический принцип возможных скоростей.
- Тождества Лагранжа.
- Уравнение Лагранжа второго рода.
- Определение и свойства потенциального силового поля.
- Вычисление потенциальной энергии.
- Закон сохранения полной механической энергии.
- Обобщенные силы.
- Статический принцип возможных скоростей для консервативной системы.
- Уравнение Лагранжа для консервативных систем.
- Циклические координаты и интегралы.

Введение в теории колебаний

- Определение положения равновесия системы.
- Устойчивость положения равновесия по Ляпунову.
- Линейные и нелинейные системы. Линеаризация.
- Теорема Лагранжа - Дирихле.
- Критерий Сильвестра.
- Свободные колебания с одной степенью свободы без сопротивления.
- Диссипативная функция Релея сил вязкого сопротивления.
- Её связь с полной механической энергией.

- Влияние сил вязкого сопротивления на движение системы.
- Вынужденные колебания без сопротивления.
- Биения и резонанс при отсутствии сопротивления.
- Зависимости коэффициента динамичности и сдвига фазы.
- Вынужденные колебания с вязким сопротивлением.
- Зависимости коэффициента динамичности и сдвига фазы.
- Квадратичная форма потенциальной энергии системы с двумя степенями свободы.
- Условие устойчивости положения равновесия.
- Квадратичная форма кинетической энергии.
- Дифференциальные уравнения движения системы.
- Главные колебания.
- Вынужденные колебания без сопротивления системы с двумя степенями свободы.
Динамический гаситель колебаний.