

**Семинар по теме “Динамика. Масса как мера инертности тела.
Гравитационная и инертная массы. Импульс. Второй закон Ньютона.
Третий закон Ньютона.. Основные силы (фундаментальные
взаимодействия). Силы упругости. Силы «сухого» и вязкого трения.
Закон Гука. Модуль Юнга. Энергия упругих деформаций”**

Теория:

Первый закон Ньютона

Существуют такие системы отсчета, относительно которых изолированная материальная точка (на которую не действуют другие тела) движется равномерно и прямолинейно или покоится. Такие системы отсчета называются **инерциальными**.

Второй закон Ньютона

Произведение массы материальной точки на её ускорение относительно инерциальной системы отсчёта равно сумме всех сил, действующих на эту материальную точку:

$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i$$

Третий закон Ньютона

Силы взаимодействия двух материальных точек:

- 1) парные и приложены к разным материальным точкам, 2) одной природы,
- 3) равны по модулю,
- 4) противоположны по направлению,
- 5) направлены вдоль прямой, соединяющей материальные точки.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Уравнение движения - второй закон Ньютона

$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i = \begin{cases} ma_x = \sum_i \vec{F}_{ix} \\ ma_y = \sum_i \vec{F}_{iy} \\ ma_z = \sum_i \vec{F}_{iz} \end{cases}$$

Законы динамики – это законы Ньютона и законы, описывающие индивидуальные свойства сил.

Силовое поле – область пространства, где действуют силы данной природы, в общем случае зависящие как от времени, так и от координаты и скорости движения материальной точки – $\vec{F}(t, \vec{r}, \vec{v})$

В механике обычно имеют дело с силами всемирного тяготения, упругими силами и силами трения. Иногда в мехнику включаются также задачи на движение электрически заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Тогда к указанным силам добавляются еще электромагнитные силы (сила Кулона, сила Ампера).

Сила, вызывающая упругую деформацию, определяется **законом Гука**:

$$F = -kx$$

Сила трения – составляющая силы непосредственного взаимодействия тел при соприкосновении вдоль плоскости соприкосновения.

Сила нормального давления (реакции опоры) – составляющая силы взаимодействия тел при непосредственном соприкосновении вдоль направления нормали к плоскости соприкосновения.

Силы вязкого трения F_B – силы трения, возникающие при движении тела в вязкой (жидкой или газообразной) среде. При малой величине скорости v движения тела относительно среды

$$F_B = -k_B \vec{v}$$

где k_B – коэффициент вязкого трения.

Силы сухого трения F_C – силы трения, возникающие при непосредственном соприкосновении твердых тел.

Силы трения покоя F – силы сухого трения, возникающие в отсутствие относительного движения взаимодействующих тел.

Сила трения скольжения F – сила сухого трения, возникающая при относительном движении взаимодействующих тел.

Модуль силы сухого трения скольжения пропорционален модулю силы нормального давления:

$$F = \mu N$$

Закон всемирного тяготения. Материальные точки притягиваются друг к другу с силами F_{21} и F_{12} , модули которых пропорциональны произведению их масс и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$

здесь $G = 6.673 \cdot 10^{-11} \text{ Н м}^2/\text{кг}^2$ - **гравитационная постоянная**, $\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$.

Сила тяжести, действующая на материальную точку, - сумма силы гравитационного притяжения Земли (или любого другого космического объекта) и центробежной силы инерции (о которой мы поговорим на следующих семинарах), действующей на материальную точку в системе отсчета, связанной с Землей.

Сила тяжести, действующая на тело, – сумма сил тяжести, действующих на материальные точки этого тела. В однородном поле силы тяжести вблизи поверхности Земли сила тяжести \vec{F} равна произведению массы тела m на ускорение центра масс тела при свободном падении (**ускорение свободного падения**) \vec{g} относительно Земли:

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

Вес тела – сила, с которой тело, находящееся в поле сил тяжести, действует на неподвижную относительно него опору или подвес, препятствующие свободному падению тела.

В классической нерелятивистской динамике импульс материальной точки определяется как произведение её массы на её скорость:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (4.1)$$

Единица измерения импульса $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$ или $\text{Н}\cdot\text{с}$. Для тела с постоянной массой производная импульса по времени выражается через ускорение:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}, \quad (4.2)$$

Основные типы задач и методы их решения:

Рассматриваются два типа задач: прямая задача динамики и обратная задача динамики.

Прямая задача динамики – найти закон движения тела или системы тел, если известны силы, действующие на эти тела.

Обратная задача динамики – найти действующие на тело или систему тел силы или другие характеристики этой системы, если известны законы движения тел, входящих в систему. Большинство задач содержат в себе элементы как прямой, так и обратной задач динамики.

Как правило, одна из этих задач имеет основное, другая – подчиненное

по отношению к условию задачи значение.

Для решения подобных задач необходимо придерживаться следующей схемы:

I. Определиться с моделями материальных объектов и явлений.

1. Нарисовать чертеж, на котором изобразить рассматриваемые тела.
2. Выбрать систему отсчета и изобразить на чертеже ее систему координат (из соображений удобства).
3. Изобразить и обозначить все силы и необходимые кинематические характеристики системы.
4. Выбрать модели тел и их движения (если это не сделано в условии задачи).

II. Записать полную систему уравнений для искомых величин.

1. Записать уравнения движения в проекциях на оси координат для всех тел системы.
2. Использовать третий закон Ньютона, если это не было сделано ранее в п. I.3.
3. Использовать законы, описывающие индивидуальные свойства сил: а) закон всемирного тяготения, б) закон Гука и др.,
4. Записать уравнения кинематических связей.
5. Использовать результаты ранее решенных задач и особые условия задачи.

III. Получить искомый результат в аналитическом и численном видах.

1. Решить систему полученных уравнений.
2. Провести анализ решения (проверить размерность и лишние корни, рассмотреть предельные и частные случаи, установить область

применимости).

3. Получить численный результат.

Задачи:

1. Аэростат массы m начал опускаться с постоянным ускорением a . Определить массу балласта, который следует сбросить за борт, чтобы аэростат получил такое же ускорение, но направленное вверх. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Вы планируете спуск со склона на сноуборде. Основание склона составляет $l = 200$ м, коэффициент трения между сноубордом и склоном - $k = 0,130$. Какова должна быть крутизна склона α чтобы вы съехали с него за наименьшее время? Каково будет это время?

3. Груз массой $m_1 = 5$ кг, связанный нерастяжимой и невесомой нитью, перекинутой через неподвижный блок, с другим грузом массой $m_2 = 1,2$ кг, движется вниз по наклонной плоскости.

Найти силу натяжения нити T и ускорение грузов a_1 и a_2 , если коэффициент трения между первым грузом и плоскостью равен $\mu = 0,1$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$.

Массой блока, а также трением в блоке пренебречь.

4. В видеоигре скорость пули до пробития деревянного укрытия толщиной $h = 3$ см составляла $v_0 = 900$ м/с, а после - $v = 700$ м/с. Найдите время движения пули в дереве, считая силу сопротивления пропорциональной квадрату скорости.

5. При игре в аэрохоккей (коэффициент трения между шайбой и полем $k = 0.012$) вы толкаете шайбу с горизонтальной силой, меняющейся со временем по закону $F = at$, где a — постоянный вектор. Найдите путь, который пройдёт шайба за первые 2 секунды после вашего воздействия на неё.