

1. Сформулируйте законы Ньютона.

1. Существуют такие системы отсчёта, относительно которых материальная точка, при отсутствии внешних воздействий, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.
2. В инерциальной системе отсчета ускорение, которое получает материальная точка, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе.
3. Тела попарно действуют друг на друга с силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей центры масс этих тел (абсолютно-твердые тела), равными по модулю и противоположными по направлению.

2. Что такое сила и масса? Как их измерить?

1. Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой интенсивности воздействия на данное тело других тел, а также полей. Сила как векторная величина характеризуется модулем, направлением и «точкой» приложения силы.
2. Две силы, независимо от их природы, считаются равными по модулю и противоположными по направлению, если их одновременное действие на тело не меняет его состояния покоя или равномерного прямолинейного движения. Величина силы измеряется по степени деформации специального пробного тела.
3. Масса – скалярная физическая величина, являющаяся количественной мерой инертности тела.
4. В инерциальной системе отсчета отношение масс взаимодействующих тел равно обратному отношению модулей их ускорений. Масса измеряется путем сравнения с эталоном.

3. Сформулируйте принцип относительности Галилея, принцип относительности Эйнштейна, принцип постоянства скорости света.

1. Все *механические* процессы в ИСО протекают одинаково, независимо от того, неподвижна ли система или она находится в состоянии равномерного и прямолинейного движения.
2. Все *физические* процессы в ИСО протекают одинаково, независимо от того, неподвижна ли система или она находится в состоянии равномерного и прямолинейного движения.
3. Скорость света не зависит от того, по отношению к какой системе отсчета – покоящейся или движущейся – она определяется.

4. Напишите формулы преобразований Лоренца, релятивистское уравнение движения.

$$1. \quad x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + x'v/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$2. \quad \dot{\mathbf{p}} = \mathbf{F}, \quad \mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

5. Сформулируйте закон всемирного тяготения и принцип суперпозиции.

1. Две материальные точки с массами m_1 и m_2 притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс, обратно пропорциональной квадрату расстояния r между ними и направленной по прямой, соединяющей эти точки:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.

2. Результат воздействия на частицу нескольких внешних сил есть просто сумма результатов воздействия каждой из сил.

6. Дайте определения работы и потенциальной энергии. Приведите примеры потенциальных и непотенциальных сил.

1. Элементарной работой силы называется скалярное произведение силы на бесконечно малое перемещение точки приложения силы:

$$dA = \mathbf{F}d\mathbf{r}$$

Работой силы на траектории \mathcal{L} называется интеграл

$$A = \int_{\mathcal{L}} dA,$$

т.е. сумма элементарных работ, взятая по всем участкам траектории движения точки.

2. Приращение потенциальной энергии определяется как взятая со знаком минус элементарная работа потенциальной силы:

$$d\Pi = -\mathbf{F}d\mathbf{r}$$

В соответствии с этим потенциальной энергией материальной точки в силовом поле называется интеграл

$$\Pi = \int d\Pi,$$

взятый по любому пути.

3. Если работа силы, действующей на материальную точку, равна нулю при перемещении этой точки по любой замкнутой траектории, то сила называется потенциальной:

$$\oint \mathbf{F}d\mathbf{r} = 0$$

4. Любое однородное или центральное силовое поле является потенциальным. Наиболее важные примеры потенциальных сил – сила тяжести, сила упругости, сила Кулона. Сила трения, работа которой по любому замкнутому пути всегда отлична от нуля, является непотенциальной силой.

7. Что такое «внутренние» и «внешние» силы? Приведите примеры.

1. Внутренними силами называются силы взаимодействия между телами системы.
2. Внешними силами называются силы, действующие на тела системы со стороны тел, не входящих в данную систему.

8. Что такое «центр масс» системы частиц? Сформулируйте теорему о движении центра масс.

1. Центр масс системы частиц – воображаемая точка, радиус-вектор которой определяется формулой

$$\mathbf{r}_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}_i$$

Здесь m_i – масса отдельной частицы, \mathbf{r}_i – ее радиус-вектор, $m = \sum_{i=1}^N m_i$ – полная масса системы.

2. Центр масс системы частиц движется так, как двигалась бы материальная точка, масса которой равна массе системы, если бы к этой точке были приложены все внешние силы:

$$\dot{\mathbf{p}} = m\dot{\mathbf{v}}_c = \mathbf{F}_{\text{внеш}}$$

9. Сформулируйте законы сохранения импульса и энергии в механике Ньютона и в теории относительности.

1. Если сумма внешних сил равна нулю, то импульс механической системы сохраняется.
2. Если работа непотенциальных сил равна нулю, то полная механическая энергия системы сохраняется.
3. Если сумма внешних сил равна нулю, то релятивистский импульс и релятивистская энергия системы частиц сохраняются:

$$\mathbf{p} = \sum_i \frac{m_i \mathbf{v}_i}{\sqrt{1 - v_i^2/c^2}} = const$$

$$E = \sum_i \frac{m_i c^2}{\sqrt{1 - v_i^2/c^2}} = const$$

10. Что такое «момент импульса» и «момент силы»? Сформулируйте теорему моментов и закон сохранения момента импульса.

Пусть m_i – масса, \mathbf{r}_i – радиус-вектор, \mathbf{v}_i – скорость i -й точки тела в лабораторной системе отсчета, \mathbf{F}_i – сумма внешних сил, действующих на эту точку.

1. Момент импульса:

$$\mathbf{N} = \sum_i [\mathbf{r}_i, m_i \mathbf{v}_i]$$

2. Момент внешних сил:

$$\mathbf{M} = \sum_i [\mathbf{r}_i, \mathbf{F}_i]$$

3. Теорема моментов: скорость изменения момента импульса системы относительно неподвижной точки (полюса) равна сумме моментов внешних сил относительно той же точки:

$$\frac{d\mathbf{N}}{dt} = \mathbf{M}$$

4. Закон сохранения момента импульса относительно полюса: если сумма моментов внешних сил относительно неподвижного полюса равна нулю, то момент импульса системы относительно полюса сохраняется.

11. Что такое «момент инерции» твердого тела? Приведите примеры. Сформулируйте теорему Гюйгенса - Штейнера.

1. Момент инерции характеризует меру инертности тела при его вращении.
2. Для тела, представляющего собой дискретную систему материальных точек:

$$I = \sum_i m_i r_{i\perp}^2$$

Где m_i – масса i -той точки, $r_{i\perp}$ – расстояние от этой точки до оси вращения.

3. Для сплошного тела:

$$I = \int_V \rho r_{i\perp}^2 dV$$

Где dV – элемент объема, ρ – плотность материала, $r_{i\perp}$ – расстояние от данного элемента до оси вращения.

4. Теорема Гюйгенса – Штейнера: момент инерции тела относительно произвольной оси равен моменту инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс тела и параллельной данной, сложенному с произведением полной массы тела на квадрат расстояния между осями:

$$I = I_c + ma^2$$

12. Напишите формулы для импульса, момента импульса и кинетической энергии тела, совершающего плоское движение.

1. Импульс тела:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}_c \quad \text{RLY?}$$

2. Момент импульса:

$$\mathbf{N} = [\mathbf{r}_{c\perp}, m\mathbf{v}_c] + I_c\boldsymbol{\omega}$$

Где m – масса тела, \mathbf{v}_c – скорость центра масс, I_c – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс, $\mathbf{r}_{c\perp}$ – составляющая радиус-вектора центра масс тела, перпендикулярная оси вращения.

3. Кинетическая энергия:

$$K = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

13. Что такое «силы инерции»? Приведите примеры.

1. Для того, чтобы можно было применять в неинерциальных системах отсчета уравнения динамики в обычной форме, вводят так называемые силы инерции:

$$\mathbf{F}_{\text{ин}} = -m(\mathbf{a} - \mathbf{a}')$$

Где $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$ – ускорение материальной точки в инерциальной системе отсчета, \mathbf{a}' – ускорение точки относительно неинерциальной системы отсчета, \mathbf{F} – сумма сил, действующих на материальную точку.

14. Что такое «связи» в механике? Приведите примеры систем со связями и без связей.

1. Связи в механике – не вытекающие из уравнений движения ограничения на координаты, скорости и ускорения отдельных точек системы.
2. Связи реализуются посредством поверхностей тел, стержнями, нитями и т.п.

15. Что такое «число степеней свободы» механической системы? Приведите примеры.

1. Число степеней свободы механической системы – это число независимых координат, полностью определяющих положение системы в пространстве. Эти координаты называются обобщенными.