

ОБОСНОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

выдержка из материалов А. В. Кондрашкина

Полная версия: https://t.me/AV_EGE/2080

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Инерциальная система отсчёта (ИСО) — система отсчёта, в которой тела либо движутся прямолинейно и равномерно, либо покоятся, когда векторная сумма всех сил, действующих на тело, равна нулю. Критерием ИСО является первый закон Ньютона. Во всех инерциальных системах отсчёта процессы механики протекают одинаково.

Первый закон Ньютона: существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых материальные точки, когда на них не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находятся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Если система отсчёта (тело) движется прямолинейно и равномерно или покоится относительно Земли, то есть у тела нет ускорения относительно Земли, то такую систему отсчёта (тело) можно считать инерциальной. Как правило, при решении задач систему отсчёта, связанную с поверхностью Земли, рассматривают как инерциальную.

Многие законы механики справедливы только в инерциальных системах отсчёта.

Материальная точка — тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь. В отличие от геометрической точки, материальная точка может обладать массой, электрическим зарядом и другими физическими характеристиками. Как правило, модель материальной точки можно применить в двух ситуациях:

1. Тело движется поступательно. В этом случае все точки тела движутся одинаково, поэтому для описания поступательного движения тела достаточно описать движение одной его точки.
2. Размеры тела малы по сравнению с расстояниями до других тел.

Абсолютно твёрдое тело — модель тела, расстояние между любыми двумя точками которого не изменяется с течением времени. Если тело не способно к значительному изменению своих линейных размеров и форм под действием внешних сил при заданных условиях, для описания физических процессов и явлений используют модель абсолютно твёрдого тела.

Различают два вида движения твёрдого тела: поступательное и вращательное. Часто твёрдое тело совершает сложное движение, то есть комбинацию поступательного и вращательного движений.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ

Второй закон Ньютона: в инерциальной системе отсчёта ускорение, которое получает материальная точка с постоянной массой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе.

Обоснование применимости:

1. Система отсчёта инерциальная.
2. Тело описывается моделью материальной точки.

Клише для обоснования:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.
2. Тело движется поступательно, поэтому описываем его моделью материальной точки независимо от его размера.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что движение тела в ИСО описывается вторым законом Ньютона.

Третий закон Ньютона: два тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Эти силы имеют одну и ту же физическую природу и направлены вдоль прямой, соединяющей точки их приложения.

В отличие от второго закона Ньютона, применимость которого необходимо обосновать, третий закон Ньютона используется как инструмент для обоснования других явлений.

Клише для обоснования других явлений с помощью третьего закона Ньютона:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.
2. Кубик имеет малые размеры по сравнению с радиусом «мёртвой петли», поэтому описываем кубик моделью материальной точки.
5. Искомая сила давления кубика на стенку «мёртвой петли» связана с силой нормальной реакции опоры третьим законом Ньютона.

Закон всемирного тяготения: две материальные точки притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной массе каждой из них и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

Закон всемирного тяготения не выполняется, если размерами тел пренебречь нельзя. Имеются однако два важных исключения.

1. Закон справедлив, если тела являются однородными шарами. Тогда R — расстояние между их центрами. Сила притяжения направлена вдоль прямой, соединяющей центры шаров.
2. Закон справедлив, если одно из тел — однородный шар, а другое — материальная точка, находящаяся вне шара. Тогда R — расстояние от точки до центра шара. Сила притяжения направлена вдоль прямой, соединяющей точку с центром шара.

Второй случай особенно важен, так как позволяет применять формулу для силы притяжения тела (например, искусственного спутника) к планете.

Обоснование применимости: тело описывается моделью материальной точки ИЛИ есть одно из двух исключений, указанных выше.

Клише для обоснования:

1. Тела имеют малые размеры по сравнению с расстоянием между ними, поэтому описываем их моделью материальной точки. Для материальных точек справедлив закон всемирного тяготения.
2. Поскольку тела являются однородными шарами, справедлив закон всемирного тяготения. Сила притяжения направлена вдоль прямой, соединяющей центры шаров.
3. Поскольку одно из тел — однородный шар, а другое — материальная точка, находящаяся вне шара, справедлив закон всемирного тяготения. Сила притяжения направлена вдоль прямой, соединяющей точку с центром шара.

Сила сухого трения

Обоснование применимости: читая условие задачи, следует обращать внимание на слова-маркеры. Если сказано, что поверхность гладкая, то действием силы трения можно пренебречь. Если сказано, что поверхность шероховатая, то действует сила трения.

Клише для обоснования:

1. Так как по условию задачи поверхность гладкая, то трения нет.
или
2. Так как по условию задачи поверхность шероховатая, действует сила трения.

Сила трения скольжения

Обоснование применимости: так как тело движется относительно шероховатой поверхности, действует сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N$.

Сила трения покоя

Обоснование применимости: так как тело покоится относительно шероховатой поверхности, действует сила трения покоя: $F_{\text{тр}} \leq \mu N$.

Сила упругости

Закон Гука: сила упругости, возникающая при упругой деформации растяжения или сжатия тела пропорциональна абсолютному значению изменения длины тела.

Обоснование применимости: деформация упругая.

Клише для обоснования: при малом удлинении (деформации) можно считать, что деформация упругая, то есть исчезающая после прекращения действий на тело внешних сил. В таком случае справедлив закон Гука: $F_x = -k\Delta x$.

Гидростатическое давление: давление в жидкости зависит от ее плотности и от высоты столба жидкости: $p = \rho_{\text{ж}}gh$.

Обоснование применимости: сосуд с жидкостью движется равномерно и прямолинейно или покоится относительно инерциальной системы отсчёта (то есть не имеет ускорения относительно ИСО), либо сосуд с жидкостью сам является инерциальной системой отсчёта.

Клише для обоснования:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.

2. Так как сосуд с жидкостью/жидкость покоится/движется без ускорения в ИСО, можно применять формулу $p = \rho_{\text{ж}}gh$.

Закон Архимеда

Универсальная формулировка: в любой системе отсчёта на тело, погруженное в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (или газа) в объёме погруженной части тела: $F_{\text{Арх}} = P_{\text{ж}}$.

Формулировка для ИСО: на любое тело, которое погружено в жидкость (газ), находящуюся в состоянии равновесия, действует со стороны жидкости (газа) сила выталкивания, равная произведению плотности вещества, в котором находится тело, на ускорение свободного падения и на объем погруженной части тела.

Обоснование применимости: сосуд с жидкостью движется равномерно и прямолинейно или покоится относительно ИСО (не имеет ускорения относительно ИСО), либо сам сосуд с жидкостью является ИСО.

Клише для обоснования:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.

2. Поскольку жидкость покоится относительно ИСО, сила Архимеда вычисляется по формуле $F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}}gV_{\text{погр}}$.

Условие равновесия твёрдого тела

Формулировка: твёрдое тело находится в равновесии если одновременно выполнены два условия: 1) векторная сумма сил, приложенных к телу, равна нулю; 2) алгебраическая сумма моментов внешних сил, действующих на тело относительно любой оси, равна нулю.

Обоснование применимости:

1. Система отсчёта инерциальная.

2. Тело описывается моделью твёрдого тела.

3. Любое движение плоской фигуры можно представить как суперпозицию двух движений: поступательного и вращательного. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО два: одно для поступательного движения, другое для вращательного движения.

4. Выбор оси, относительно которой считается сумма моментов сил.

Клише для обоснования:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.

2. Описываем стержень моделью твёрдого тела: форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным.

3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО два: одно для поступательного движения, другое для вращательного движения.

4. В качестве оси, относительно которой будем считать сумму действующих на стержень моментов сил, выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку крепления (точку А).

Закон изменения импульса для системы тел: изменение импульса системы вызвано суммарным действием внешних сил, действующих на систему за некоторый промежуток времени.

Обоснование применимости: система отсчёта инерциальная.

Клише для обоснования: рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.

Закон сохранения импульса: если векторная сумма действующих на систему внешних сил равна нулю, то импульс системы тел есть величина постоянная.

Закон выполняется в трёх случаях.

1. Векторная сумма действующих на систему внешних сил равна нулю (система тел замкнутая).
2. Сумма проекций векторов действующих на систему внешних сил на некоторую ось равна нулю (тогда импульс системы остаётся неизменным вдоль этой оси).
3. Внутренние силы много больше внешних сил и промежутки времени взаимодействия тел пренебрежимо мал (рассматриваются взрывы, удары).

Обоснование применимости:

1. Система отсчёта инерциальная.
2. Тела являются материальными точками.
3. Выполняется одно из трёх условий, написанных выше.

Теорема об изменении кинетической энергии: изменение кинетической энергии материальной точки при её перемещении равно алгебраической сумме работ действующих на неё сил.

Обоснование применимости:

1. Система отсчёта инерциальная.
2. Тело описывается моделью материальной точки.

Клише для обоснования:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной.
2. Тело движется поступательно, поэтому описываем его моделью материальной точки независимо от размера.
или
2. Размеры тела пренебрежимо малы, поэтому описываем его моделью материальной точки.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что для движения тела в ИСО выполняется закон об изменении кинетической энергии.

Закон изменения полной механической энергии: изменение полной механической энергии тела равно сумме работ непотенциальных сил.

Закон сохранения полной механической энергии: если работа непотенциальных сил равна нулю, полная механическая энергия сохраняется.

Обоснование применимости:

1. Система отсчёта инерциальная.
2. Тело описывается моделью материальной точки.
3. Работа всех непотенциальных сил равна нулю.

СЛОВА-МАРКЕРЫ

Нить невесомая/легкая: модуль силы натяжения нити в любой точке одинаков.

Клише для обоснования:

Нить невесома, блок идеален (масса блока мала, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Нить нерастяжимая: длина нити постоянна, можно записать кинематическую связь.

Стержень однородный: центр тяжести однородного стержня располагается в его середине.

Абсолютно упругий удар: выполняется закон сохранения энергии.

Неупругий удар: закон сохранения энергии не выполняется.

Тело отрывается от опоры: в момент отрыва и после него контакт с опорой потерян, поэтому нет силы нормальной реакции опоры.