

**Коммунальное государственное учреждение  
«Общеобразовательная школа № 117 города Алматы»**

## **Методические рекомендации**

**для учителей физики по решению задач на динамику вращательного  
движения твёрдого тела для 10-х классов**

**Составила:**

Орманбекова Гульнар Кенесбековна  
учитель физики

**Рецензенты:**

Турсунгалиева Г.К. - педагог-эксперт,  
руководитель МО естественного цикла КГУ ОШ №117

Земзюлин Д.С.. – педагог-эксперт КГУ ОШ №117

## **Цель:**

Сформировать у учащихся целостное понимание законов динамики вращательного движения твёрдого тела, научить применять их при решении задач разной структуры (чисто вращательное движение, комбинированное вращательно-поступательное, качения и ударов с вращением), развить умение строить физическую модель задачи, формализовать рассуждения и оценивать результат.

## **Задачи**

### **1. Образовательные:**

- Укрепить знания основных понятий: момент инерции, момент силы (крутящий момент), угловое ускорение, момент импульса, энергия вращения, условие без скольжения.
- Научить применять уравнение  $\Sigma \tau = I\alpha$ , закон сохранения импульса (углового), методы энергии (работа-энергия) и теорему о кинетической энергии при решении задач.

### **2. Развивающие:**

- Развивать алгоритмическое мышление при разборе задач: от анализа условий к построению модели и выбору метода решения.
- Формировать навыки математического моделирования (интегрирование при вычислении  $I$ , использование теоремы Гюйгенса — Штейнера).

### **3. Воспитательные:**

- Воспитывать аккуратность в выражениях и вычислениях, умение проверять размерности и оценивать физическую адекватность ответа.

## **Предварительные знания (требования)**

- Кинематика вращательного движения (угловая скорость, угловое ускорение, соотношения с линейными величинами  $v = \omega R$ ,  $a = \alpha R$ ).
- Основы динамики поступательного движения ( $F = ma$ ).
- Понятие момента силы  $\tau = r \times F$  (модуль  $\tau = rF \sin\varphi$ ).
- Интегральное вычисление распределения массы (базовые навыки интегрирования для вычисления  $I$  тела).
- Закон сохранения энергии и импульса для поступательного движения.

## Рекомендованный план изучения раздела (пример на 4–6 уроков)

1. Урок 1 — Повторение и систематизация понятий: угловые величины, момент силы, момент инерции для простейших тел (кольцо, стержень, диск, шар).
2. Урок 2 — Уравнение динамики вращательного движения  $\Sigma \tau = I\alpha$ ; парные задачи (постоянный момент, моменты сил). Демонстрация/видео.
3. Урок 3 — Комбинированные задачи: роллинг, движение тела, имеющего и центр масс и вращение; условие безскольжения. Примеры.
4. Урок 4 — Применение законов сохранения: столкновения с вращением, сцепления, переход энергии.
5. Урок 5 — Практическая работа/лаборатория (измерение момента инерции, момент силы, исследование качения).
6. Урок 6 — Обобщение, контрольная работа и разбор типичных ошибок.

## Алгоритм решения задач

1. Внимательно прочитать задачу; выписать численные данные и неизвестные.
2. Нарисовать аккуратную схема-модель: координатная ось, ось вращения, все силы и плечи сил; указать направление положительных углов/моментов.
3. Определить систему и способы её представления: тело как твёрдое тело вокруг неподвижной оси, тело + поступательное движение (центр масс), составная система (несколько тел).
4. Выбрать основной метод решения: уравнение  $\Sigma \tau = I\alpha$ ; вторичный —  $F = ma$  для поступательного движения; закон сохранения углового импульса; энергетический метод; комбинация методов.
5. Вычислить момент инерции  $I$  относительно выбранной оси (использовать таблицу стандартных  $I$ , теорему Штейнера при необходимости).
6. Выписать уравнения движения:  $\Sigma \tau = I\alpha$ ; если есть поступательное движение —  $\Sigma F = ma$  (связать  $a$  и  $\alpha$  через условие без скольжения  $a = \alpha R$ ).
7. Решить систему уравнений алгебраически; проверить размерности.
8. Оценить физическую адекватность ответа (знаки, пределы, предельные случаи).
9. Оформить ответ с обоснованием и краткой проверкой.

## **Типичные виды задач и методические приёмы их разбора**

- Задачи на чистое вращение вокруг неподвижной оси (пример: диск с приложенным моментом). Метод:  $\Sigma \tau = I\alpha$ . Обратить внимание на знаки моментов.
- Задачи на вращение + поступательное движение (качение катящегося тела, тележка с катящимся колесом): соединить  $\Sigma \tau = I\alpha$  и  $\Sigma F = ma$ , применить условие без скольжения.
- Задачи на изменение момента инерции (спицевое колесо, перевод масс внутрь/наружу): учитывать зависимость  $I$  от распределения массы; обсуждать энерговыделение/потерю.
- Задачи на столкновения/сцепления с учётом вращения: закон сохранения общего углового импульса (при отсутствии внешних моментов).
- Задачи на энергетическую оценку: переход потенциальной в кинетическую (включая вращательную) — удобно при скользящих/катающихся объектах.
- Задачи со сложной геометрией: разбивать на составные части, использовать таблицы и интегралы.

## **Методические рекомендации по проведению уроков и занятий**

- Демонстрации и лабораторные: вращающаяся платформа (ученик сидит и меняет положение рук — наглядно  $I$  и  $\omega$ ), маятник с грузом, катящееся по наклонной тело; измерение отношения угловой скорости и скорости центра масс при качении.
- Интерактивные методы: разбор задач в парах (one-minute paper), «белая доска» — учащиеся решают этапы на мини-досках, учитель комментирует.
- Систематическое использование схем: свободное тело + моментные диаграммы; это уменьшает ошибки со знаками.
- Пошаговые карточки для слабых учащихся: шаблон решения с пропусками, которые они заполняют.
- Проекты/исследования: вычисление  $I$  для самодельной фигуры (плотность и форма), сравнение расчёта и измерения.

## Типичные ошибки учеников и как их устранять

- Путают знак момента: обучать правилу «правой руки», всегда записывать направление (+/−).
- Забывают учитывать расстояние плеча силы (компонента силы перпендикулярно радиусу).
- Ошибки при применении теоремы Штейнера (включать массу и добавлять  $md^2$ ).
- Неправильно связывают  $a$  и  $\alpha$  при качении (иногда применяют  $a = \alpha R$  без уточнения без скольжения).
- Смешивают линейную и угловую величины без соответствующих связей ( $v$  и  $\omega$ ).

Решение: давать упражнения специально на знаки, давать диагностические короткие тесты, требовать объяснений в словах.

## Формы контроля и критерии оценивания (рубрика)

Критерии (пример):

- Анализ условий и построение модели (0–3): корректность схемы, выделение системы.
- Выбор метода и уравнений (0–3): уместность использования  $\Sigma \tau = I\alpha$ , сохранений, энергии.
- Математические расчёты (0–4): корректность вычисления  $I$ , алгебра, единицы.
- Физическая интерпретация ответа (0–2): проверка размеров, смысловые комментарии.

Итог: 0–12 баллов. Для зачёта порог — 7 баллов.

## **Примеры диагностических и контрольных задач (темы, время решения)**

- Простая: найти угловое ускорение диска при нулевом начальном вращении под постоянным моментом (15 мин).
- Средняя: цилиндр скатывается с наклонной плоскости без скольжения — найти ускорение центра масс (20–25 мин).
- Сложная: столкновение двух тел, одно из которых может вращаться (сохранение углового импульса) — найти конечные скорости/угловые скорости (30–40 мин).

Учителю: давать сначала одну простую и одну среднюю в классе, а сложные — для домашней работы/проекта.

## **Практические работы и задания вне урока**

- Лаборатория: измерение момента инерции диска/кольца с помощью крутильных колебаний или вращающейся платформы.
- Домашнее: проект «Вычисли  $I$  самодельного объекта» — ученики рассчитывают и снимают экспериментальные данные (фотоотчёт).
- Мультимедиа: симуляции (PhET, GeoGebra) для визуализации распределения масс и связи  $I$  с  $\omega$ .

## **Дифференциация и развитие сильных учащихся**

- Поддержка слабых: шаблоны решения, короткие карточные задачи на отработку каждого этапа.
- Усложнение для сильных: интегральный вывод формул  $I$ , задачи с переменным моментом силы, пространственное вращение (основы крутящего момента в трехмерном случае), самостоятельные мини-исследования.

## **Ресурсы и литература**

- Учебник школьный по физике 10 класса (модуль «Ротация/динамика твёрдого тела»).
- Физические симуляторы (PhET: «Rotation»), GeoGebra.
- Методические пособия по лабораторным работам (вращение, крутильные колебания).
- Таблицы моментов инерции стандартных тел.

## **Советы по организации уроков и оценке прогресса**

- Начинайте с анализа контекста задачи, требуйте от ученика сформулировать физический вопрос своими словами.
- Поощряйте устное пояснение каждого шага — это формирует глубокое понимание и выявляет пробелы.
- Применяйте «exit ticket» (краткий вопрос в конце урока) для контроля усвоения ключевого шага алгоритма.
- Включайте лабораторные измерения — это укрепляет связь теории и практики.

## **Заключение**

Последовательность: понять — смоделировать — выбрать метод — вычислить — проверить — интерпретировать. Придерживаясь алгоритма и используя предложенные приёмы (демонстрации, лаборатории, систематические чек-листы), учитель сможет существенно повысить уровень владения учащимися модулем динамики вращательного движения и развить у них навыки, важные для дальнейшего изучения физики и инженерных дисциплин.