

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Армавирский государственный педагогический
университет»

Институт прикладной информатики, математики и физики

Кафедра математики, физики и методики их преподавания

Выпускная квалификационная работа

**«ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ В КЛАССАХ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ»**

*основная профессиональная образовательная программа
«Физика»*

по направлению подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование»

Выполнила: студентка 4 курса очной
формы обучения

Гаргола Анастасия Сергеевна

Научный руководитель:

д.п.н., профессор кафедры МФиМП

Дьякова Елена Анатольевна

АРМАВИР- 2017

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой математики,
физики и методики их преподавания
к. ф. -м. н. , доцент Деркач Д. В.

« 6 » октября 2016 г.

ЗАДАНИЕ

НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ

СТУДЕНТКЕ ГАРГОЛА АНАСТАСИИ СЕРГЕЕВНЕ

1. Тема работы «Современный подход к организации самостоятельной деятельности учащихся»
2. Срок сдачи студентом законченной работы 10. 06. 17
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:
материалы преддипломной практики, результаты констатирующего эксперимента
4. Содержание бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов)
Определить:
 - современные подходы к обучению физике в классах физико-математического профиля;
 - требования и принципы организации самостоятельной деятельности учащихся в обучении физике в основной школеОтобратить:
 - методы, формы, средства обучения, позволяющие обеспечить базовый уровень знаний учащихся по разделу «Механика»;Разработать:
 - методические рекомендации для учителей к изучению темы «Вращательное движение твердого тела».Провести частичную апробацию рекомендаций и материалов.
5. Консультанты по бакалаврской работе (с указанием относящихся к ним разделов проекта) _____

Дата выдачи задания « 6 » октября 2016 г.

Руководитель _____ д. п. н. , профессор каф. МФиМП
Дьякова Елена Анатольевна

. Задание принял к исполнению:

« 7 » октября 2016 г. _____ (подпись студента)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССАХ	
1.1. Особенности обучения физике учащихся физико-математических классов.....	6
1.2. Научно–методический анализ раздела «Механика» для физико-математического профиля	11
1.3. Планирование темы «Вращательное движение твердого тела» для углубленного изучения	16
Глава 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССАХ	
2.1. Методические особенности изучения раздела «Механика» в классах физико-математического профиля.....	23
2.2. Методические рекомендации по изучению темы «Динамика вращательного движения твердого тела»	28
2.3. Педагогический эксперимент.....	36
Заключение.....	42
Список источников.....	43
Приложения.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Одной важной особенностью в изменении современного школьного образования является его ориентация на широкую дифференциацию обучения, что позволяет производить индивидуальный подход к каждому учащемуся, удовлетворять их потребности, в том числе, и тех, кто проявляет особый интерес и способности к предмету. На данный момент эта особенность углубляется с переходом учащихся из старшей школы на профильное обучение, что позволяет обеспечить преемственность среднего и высшего образования. При выборе учащимися физико-математического профиля, должна быть гарантия на такой уровень обучения, который бы позволил удовлетворить главную их потребность, а именно, продолжение обучения в высших учебных заведениях соответствующей направленности. Все выпускники, которые решили продолжить обучение в вузах физико-математического или технического профиля, должны иметь углубленные знания по физике. Она является основой подготовки в этих вузах.

Решение задач в физико-математических классах возможно только при использовании программ с углубленной подготовкой. При анализе содержания программ для профильных классов у различных авторских коллективов, выяснилось, что все они содержат расширенный, по сравнению с базовыми программами, объем учебного материала по всем разделам физики и предусматривают его более глубокое изучение.

Однако, поскольку нет отдельной методики обучения в физико-математических классах, некоторые темы курса оказываются недостаточно поработаны с методической точки зрения – нет рекомендаций по выбору методов и средств обучения, комментариев к изучению сложных вопросов и т.д. таким образом, существует *противоречие* между необходимостью методически грамотно организовывать процесс изучения учащимися физико-математических классов тем курса физики, не изучаемых в базовом профиле, и отсутствием достаточно подробных рекомендаций к изучению этих тем.

Поэтому *проблема исследования*: как наиболее эффективно формировать у учащихся физико-математических классов знания и умения по разделу «Механика».

Объектом исследования является процесс изучения физики учащимися физико-математических классов.

Предметом исследования является методика изучения механики в классах с углубленным изучением физики.

Цель исследования состоит в разработке методических рекомендаций по изучению «Механики» в классах физико-математического профиля общеобразовательной школы.

Гипотеза исследования: для эффективного формирования знаний по разделу «Механика» в классах физико-математического профиля необходимо разработать методические рекомендации к этому разделу, включающие особенности изучаемого материала, обоснованный выбор методов и средств обучения, примеры конспектов уроков.

Задачи исследования:

✓ Проанализировать современные подходы к обучению физике в классах физико-математического профиля.

✓ Сформулировать требования и принципы организации самостоятельной деятельности учащихся в обучении физике в основной школе.

✓ Отобрать методы, формы, средства обучения, позволяющие обеспечить базовый уровень знаний учащихся по разделу «Механика».

✓ Разработать методические рекомендации для учителей к изучению темы «Вращательное движение твердого тела».

✓ Провести педагогический эксперимент.

В ходе исследования использовались *методы* поиска информации, анализа, систематизации, проектирования.

Практическую значимость имеют тематическое планирование раздела «Механика» для физико-математического профиля, методические рекомендации по изучению динамики вращательного движения, конспект

урока по теме «Центр масс», тест по теме «Вращательное движение твердого тела».

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССАХ

1.1. Особенности обучения физике учащихся физико-математических классов

Физика является основой для развития других естественных наук - химии, биологии, и т.д. В отличие от обычных, физика в профильных классах более сложная, многоаспектная, требует от учеников серьезной, глубокой подготовки. В классах физико-математического профиля на изучение физики отводится больше часов в учебном плане - в базовых классах 2 часа в неделю, в профильных классах - 5 часов в неделю.

Фундаментальными физическими теориями являются классическая механика Ньютона, статистическая механика, классическая электродинамика, квантовая механика. В школе в базовых классах изучаются основы только двух теорий – механики и электродинамики (причем только для механики Ньютона записываются уравнения ядра теории), и элементы двух других [21]. Обобщения на уровне фундаментальных теорий в этих классах не проводятся, т.к. согласно ФГОС не предусмотрено формирование системных знаний. Изучение физики в физико-математических классах направлено на формирование системы знаний, классическая механика и классическая электродинамика изучаются в достаточно полном объеме, статистическая механика и квантовая механика – с элементами ядра теории, т.е. тоже существенно глубже. Таким образом, в физико-математических классах глубина освоения и уровень системности и обобщенности знаний учащихся будет выше.

В таких классах большую роль играет не просто усвоение физических понятий и закономерностей, а еще и овладение научным «физическим» языком. С первых занятий следует обращать внимание на ответы обучающихся на вопросы, учить их анализировать явления, выделять их суть,

особенности, сравнивать и обобщать. Добиваться от учащихся чётких, логичных, достаточно кратких, но исчерпывающих ответов. Учащимся физико-математических классов, как и базовых, можно предложить план - схему рассказа о понятии, законе, эксперименте, но именно для них такие планы станут инструментом познания.

Классическая физика построена на экспериментах, неклассическая использует их как способ проверки истинности теоретических выводов. Большинство учебников по физике начинаются со слов: «Физика - это наука опытная». Как бы хорошо не был изложен теоретический материал в учебнике или учителем, только эксперимент дает наглядное представление о явлениях и процессах. Поэтому эксперимент остается одним из базовых методов обучения физике. Этот метод нужно чаще использовать в физико-математических классах, причем эксперименты должны носить преимущественно исследовательский характер и выполняться учащимися самостоятельно, что позволит развивать исследовательские умения и навыки - измерительные умения и навыки, умение самостоятельно ставить опыты.

Психологами [14] выявлены следующие психолого-педагогические особенности учащихся, выбирающих физико-математический профиль:

- ✓ Готовность и способность к различным видам обучения, как в теоретическом плане, так и в практическом;
- ✓ Стремление к самостоятельному поиску информации;
- ✓ Повышение интеллектуальной и трудовой активности;
- ✓ Лучше развито пространственное мышление (т. к. учащиеся физико-математических классов больше решают графические задачи, проводят сложные вычислительные процессы, логические операции);

Ведущим подходам в обучении учеников физико-математического класса является проблемный – эвристическая беседа, самостоятельный поиск решения проблемы, исследование должны стать основными видами деятельности учащихся. Таким образом, предпочтительно использование уроков с проблемным обучением или с элементами исследования –

проблемных и исследовательских. Привлечение современных технологий способствует обеспечению самостоятельности учащихся в обучении – кейс-метод, проектирование, ситуационные задачи и пр. предполагают большой объем работы в группах или индивидуально.

При рассмотрении особенно сложного материала в старших классах можно использовать урок-лекцию. За достаточно маленький промежуток времени лекция позволяет обсудить значительный объем информации, что очень важно в профильных классах, где он намного больше, чем в обычных. К тому же лекционные занятия способствуют сближению преподавателя с учащимися, что помогает учитывать разный уровень их развития и восприятия, а по ФГОСУ учитель обязан применять индивидуальный подход к каждому ученику. Однако это не означает, что урок-лекция может проводиться часто – учащиеся должны самостоятельно добывать знания, овладевать умениями. По ФГОС именно это является главной особенностью современного учебного процесса, поэтому и домашняя работа в физико-математических классах предполагает разнообразную деятельность учащихся – наряду с решением задач необходимо предлагать домашние экспериментальные исследования, конструкторские проекты, а также самостоятельное освоение теоретического материала [24].

Практические и лабораторные занятия являются важным звеном в процессе обучения. Лабораторные работы в физико-математическом классе должны быть многоуровневые, т.е. содержать разный уровень сложности заданий, способов их выполнения. В лабораторных практикумах осуществляется интеграция теоретико-методических знаний и практических умений учащихся. Именно при самостоятельной постановке эксперимента учащиеся знакомятся с приборами, учатся самостоятельно получать результаты и на их основе делать выводы, все это способствует более глубокому усвоению теоретического материала. Лабораторный практикум заметно влияет на успешность дальнейшей учебно-исследовательской деятельности.

Решение задач по физике является важным средством, соединяющим теорию с практикой. Именно решение задач на уроке – качественных, вычислительных, экспериментальных - способствует развитию логического мышления учащегося, потому что задача в этом случае является побудителем и функционалом его мышления. Физическая задача содержит в себе причинно-следственные связи, которые для ее решения учащемуся нужно выявить и описать количественно. При этом роль учителя - направлять учащегося, правильно распределять нагрузку в процессе решения задачи. Практические занятия являются активизатором самостоятельной деятельности учащихся, которая помогает лучше усвоить теоретический материал. Контроль знаний учащихся с помощью физических задач имеет преимущество перед устным опросом – дает возможность проверить не формальные знания, а умение ими пользоваться.

Практические занятия проводятся сразу после лекционных и в тесной связи с ними. Преподавателю необходимо правильно подобрать задачи как по содержанию, так и по методам их решения, т.е. задачи должны соответствовать возможностям учащихся и переходить от простых к сложным. Физические задачи бывают: расчетными, графическими, качественными и экспериментальными.

Решение качественных задач или задач-вопросов – один из важных приемов обеспечения глубокого понимания материала. Оно должно стать своеобразной «физкультминуткой» – на каждом уроке для переключения внимания применяются качественные задачи, в том числе – из давно пройденного.

Программа физико-математического профиля включает больше занятий на решение расчетных, графических задач, причем с необходимостью углубленных знаний по математике [7]. На этих уроках разбирают не только анализ графиков, но и методы построения графиков, работают с векторами, производными, в некоторых случаях – с дифференциалами и интегралами.

К основным видам деятельности учащихся на уроке физики в физико-математических классах относятся [8]:

- наблюдение;
- эксперимент;
- анализ физических ситуаций;
- решение проблем с использованием физических знаний;
- решение задач;
- обобщение и систематизация знаний и др.

Все эти виды деятельности учащихся связаны между собой, и нельзя выделить тот или иной вид деятельности как приоритетный, хотя иногда учителя считают, что это решение задач. Причина этого – в практически стопроцентной сдаче ЕГЭ учащимися физико-математических классов.

ЕГЭ по физике - это один из самых сложных экзаменов, которые выбирают учащиеся, но, несмотря на это, его сдает заметное число учащихся, ведь физика – обязательный предмет во все технические вузы. В основном трудности при сдаче экзаменов по физике у учащихся возникают из-за того, что ЕГЭ охватывает большой объем теоретического материала и проверяет большое количество практических навыков.

Для того, чтобы в итоге учащиеся физико-математических классов получили хорошие результаты по ЕГЭ необходим: индивидуальный подход к учащимся; хороший уровень подготовки преподавателя; готовность ребёнка воспринимать информацию; посещение занятий учащимися и выполнение домашнего задания; и, конечно же, огромные усилия, прилагаемые самими учениками.

Работа в физико-математических классах для учителя имеет две стороны – с одной стороны, учащиеся мотивированы на изучение физики, а с другой – необходима более серьезная подготовка к урокам, разбор сложных задач, учащиеся могут задавать высокий темп.

1.2. Научно–методический анализ раздела «Механика» для физико-математического профиля

Механика - это раздел физики, изучающий законы движения тел и их взаимодействие. Механику справедливо считают фундаментом физики, на ее основе строились многие другие теории. В школе она изучается в три периода – в 7 классе, в 9 классе, в 10 классе и даже частично – в 11 (механические колебания). Часть вопросов на базовом уровне изучается один раз – это элементы статики и гидростатики, простые механизмы [20].

При обучении механике в классах физико-математического профиля по предыдущему стандарту традиционно решались образовательные, воспитательные задачи и задачи развития учащихся. Новый ФГОС определяет результаты обучения по-другому. В нем названы три группы результатов – предметные, метапредметные и личностные [24].

К основным предметным результатам изучения механики, на наш взгляд, относятся:

- ✓ формирование основных понятий: масса; сила; инерциальные системы отчета; траектория; равномерное, прямолинейное и вращательное движение; импульс тела; момент силы; ускорение и т.д.;
- ✓ формирование знаний о закономерностях механики: закономерности кинематики, законы Ньютона, закон сохранения импульса, закон сохранения энергии, принципах относительности, аддитивности;
- ✓ формирование умения решать задачи по механике;
- ✓ формирования умения проводить физических эксперимент по механике.

В связи с внедрением новых ФГОС стало обязательным формирование метапредметных результатов – универсальных учебных действий (УУД) и межпредметных понятий [24]. УУД делятся на три группы – познавательные (сопоставлять, анализировать, обобщать и интерпретировать, объяснять, выделять главное, перекодировать информацию из одного вида в другой, устанавливать причинно-следственные связи и зависимости, объяснять

факты, строить и преобразовывать модели, решать проблемы), регулятивные (ставить цели, составлять планы, прогнозировать, осуществлять самоконтроль и взаимоконтроль, оценивать результаты) и коммуникативные (сотрудничать, ставить вопросы, вести диалог).

УУД формируются и развиваются в деятельности: коммуникативные – в коллективной и групповой работе, при использовании диалоговых методов; регулятивные – в любой самостоятельной работе, а также при целеполагании, планировании деятельности; познавательные – практически во всех видах работы. Межпредметные связи и понятия при изучении механики также достаточно разнообразны: в первую очередь – с техникой, с математикой, но также с биологией, географией. Практически при изучении любой темы раздела можно найти примеры межпредметных понятий или применения законов механики.

Личностные результаты по ФГОС связаны с решением воспитательных задач, это: формирование готовности и способности, обучающихся к саморазвитию, мотивации к обучению и познанию, ценностно-смысловых установок; формирование диалектико-материалистического взгляда на природу и ее познание, политехнических знаний и умений, а также воспитание ответственности, самостоятельности, гражданственности, развитие собственного «Я» и других качеств личности. Одной из важных задач изучения физики является формирование у учащихся представлений о физической картине мира – одной из наиболее общих форм отражения природы физической наукой и одной из компонент научного мировоззрения. Другим компонентом личностных результатов является развитие в процессе обучения мышления. Для формирования теоретического мышления в механике присутствуют научные обобщения, которые способствуют формированию выделять связи, извлекать конкретные выводы, переходя от общего частному. Очень часто школьники при изучении механики встречаются с абстрактными понятиями – материальная точка, система отсчета, твердое тело, равномерное и равноускоренное движения и др.

Выделим особенности изучения механики [25].

1. Механика является первым и наиболее полным с точки зрения науки разделом курса физики. Именно с нее начинается изучение физики. В том числе, в классах физико-математического профиля. Это обусловлено рядом причин:

- на основных понятиях и законах механики основываются другие разделы физики;
- большинство явлений в механике уже знакомы учащимся из жизни, и их необходимо истолковать с научной точки зрения.

2. Механика требует хороших математических знаний, т.к. используется серьезный математический аппарат (в физико-математических классах это могут быть производные и даже интегралы и дифференциалы). Именно поэтому она считается одним из самых трудных разделов школьного курса, при переходе к изучению механики заметно снижается интерес учащихся.

3. Механика позволяет провести большое количество экспериментов. Эксперимент – это источник познания, опыты по механике часто несложные, но их демонстрация позволяет лучше понять особенности явления. Если опыт невозможно провести в классе, то можно его проиллюстрировать с помощью современных средств наглядности (видео, анимация).

4. По разделу решается большое число задач, они разнообразны по рассматриваемым ситуациям, методам, уровню сложности. Решение многих типов задач легко алгоритмируются, но все равно для большинства учащихся они трудны в решении, поэтому объем упражнений нужен достаточно большой. Задачи часто сочетают текстовое, графическое и табличное представление. Возможна постановка экспериментальных задач.

5. Теоретические основы механики представлены в достаточно полном объеме. Такого большого количества материала ядра теории ни в одном другом разделе физики нет, а значит, учителю предоставляется возможность проиллюстрировать структуру физической теории на примере механики –

выделив основание, ядро, выводы (причем делать это целесообразно именно в физико-математических классах).

Механика в физико-математическом профиле делится на основные разделы: основы кинематики, основы динамики (включая гидродинамику), статика и гидростатика, вращательное движение твердого тела, законы сохранения, механические колебания и волны [11].

Первый раздел изучает равномерное, равноускоренное, прямолинейное, криволинейное движения, их характеристики и уравнения. Вводятся основные понятия, такие, как траектория, путь, перемещение, ускорение и т.д. При его изучении учителю важно уделять внимание векторным величинам, повторив основы действий с векторами, при решении задач на определение пути и перемещения учащимся нужно напоминать, что одна из величин - скаляр, вторая – вектор, чтобы они не путали их. При изучении вращательного движения разбираются такие основные понятия, как период обращения, частота вращения, центростремительное ускорение, и т.д.

Второй раздел начинают с изучения законов Ньютона. Законы Ньютона являются фундаментальными законами механики, их легко подтвердить экспериментом. Также в этом подразделе изучаются закон всемирного тяготения, закон Гука, формулы сил трения, веса, тяжести. При решении задач по динамике нужно учитывать расстановку сил, действующих на тела, характер движения. Задач по динамике так много и они настолько разнообразны, что можно использовать общие алгоритмы решения только для нескольких их групп – на второй закон Ньютона, на закон сохранения энергии, на закон сохранения импульса. Алгоритм решения должен обязательно предполагать выполнение чертежа с расстановкой сил, ускорения, с координатными осями, а также полную запись уравнений движения – от векторной формы, только в этом случае учащиеся будут понимать, что и как следует учитывать при решении. Рисунок следует делать в большинстве задач динамики.

Раздел «Статика» в программе общеобразовательных классов отсутствует, однако элементы статики рассматриваются в основной школе. Например, рассматриваются такие понятия, как сложение сил, центр тяжести, момент силы, правило моментов, условия равновесия. На базовом уровне в 7 классе изучаются элементы гидростатики – закон Архимеда, условия плавания тел (в теме «Давление твердых тел, жидкостей и газов»). Далее к этим знаниям обращаются как к уже усвоенным. В старших профильных классах раздел лучше повторить, т.к. задачи по нему разнообразны и часто достаточно сложны.

Законы сохранения связаны с понятиями пространства и время, поэтому их использование при решении задач часто начинается с выбора системы отсчета (системы координат) – это обязательно для определения потенциальной энергии. Преподавателю нужно подчеркнуть, что законы сохранения энергии и импульса справедливы в электродинамике и в квантовой механике. Большинство задач по динамике эффективнее решать именно на основе законов сохранения, поэтому учащиеся должны хорошо понимать, как выбирать замкнутую систему отсчета, какое место в определении потенциальной энергии играет выбор начала отсчета, в каком случае закон сохранения механической энергии как бы нарушается и как учесть работу сил трения.

Далее школьники знакомятся с механическими колебаниями и волнами, в этом разделе изучаются понятия: виды колебаний, виды волн, период и частота колебаний, скорость и длина волны. Учитель должен обязательно рассмотреть уравнение гармонического колебания, научить работать с графиками колебаний. В профильных физико-математических классах можно использовать элементы дифференциального исчисления – производные координаты и скорости.

В профильных классах намного больше лабораторных работ. Например, при изучении механики в классах физико-математического профиля выполняется 6 лабораторных работ: «Определение ускорения

свободного падения», «Изучение движения тела, брошенного горизонтально», «Изучение движения тела по окружности», « Движение тела по окружности под действие сил тяжести и упругости», « Измерение коэффициента трения скольжения», «Изучение закона сохранения механической энергии» [11]. Две из них отсутствуют в программе базового уровня, но и сложность заданий в остальных больше.

При изучении раздела необходимо руководствоваться принципами научности и системности. Именно они раскрывают сущность законов, принципов, явлений, и связи между ними. В обычных классах эти связи отсутствуют. Например, при изучении законов Ньютона не указываются границы их применимости, не освещается роль начальных условий, когда не связываются понятия импульса, силы энергии и работы. Мы считаем, что в профильных классах при изучении механики это необходимо обсуждать.

Наиболее сложно для учащихся усваиваются понятия: момент силы, момент импульса, момент инерции, а так же векторный характер угловой скорости. Поэтому необходимо выделять на их рассмотрения как можно больше времени, для их полного усвоения.

Процесс усвоения понятий, законов делится на несколько этапов [3]:

- 1.Понимание - у учащихся происходит восприятие информации;
- 2.Узнавание - происходит осмысление учащимися данного понятия, закона.
- 3.Вопроизведение – учащиеся самостоятельно воспроизводят принятую информацию.
- 4.Усвоение - на этом этапе происходит формирование умений и навыков, и применяют информацию на практике.
- 5.Творческий – на этом этапе учащиеся самостоятельно могут проводить исследования, для того чтобы подтвердить полученные ранее знания.

Умениями формируемые у учащихся по разделу механика: проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты, выдвигать гипотезы и

строить модели, применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ; практического использования физических знаний.

1.3. Планирование темы «Вращательное движение твердого тела» для углубленного изучения

Тематическое планирование во многом определяет качественную подготовку учителя к уроку и его проведению. Для обеспечения требований ФГОС оно предполагает деятельностное описание и должно включать ожидаемые результаты.

При составлении тематического планирования по разделу «Механика» (для профильного уровня) за основу взяты Программа по физике для 10-11 классов общеобразовательных учреждений (автор программы Г.Я.Мякишев) [10] и Примерная программа среднего (полного) общего образования по физике (профильный уровень) [28], было проанализировано содержание учебников физики для углубленного изучения [19]. В результате было проведено планирование курса механики (Приложение 1), далее приведен его фрагмент (таблица 1) [10]. Мы привели планирование темы «Кинематика движения материальной точки по окружности», т.к. она является основой для формирования знаний по теме «Динамика вращательного движения твердого тела». Кинематика дополнена вопросами ускоренного движения по окружности, без чего представления о вращательном движении будут неполными.

Таблица 1. Примерное планирование тем «Кинематика движения материальной точки по окружности» и «Вращательное движение твердого тела» (5+12 часов)

№№	Тема урока	Задачи урока	Приемы и методы	Планируемые результаты
Кинематика движения материальной точки по окружности- 5ч.				
1.	Равномерное и неравномерное движение точки по	Актуализировать понятия основных характеристик	Фронтальное повторен	Освоение приемов действий в нестандартных

	окружности.	криволинейного движения материальной точки по окружности – период, частота, центростремительное ускорение, линейная скорость, перемещение.	ие. Рассказ.	ситуациях, овладение эвристическими методами решения проблем.
2.	Л/р.: «Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести».	1.С помощью эксперимента сформировать знания о движении тела по окружности; 2.Вспомнить понятия силы упругости и силы тяжести.	Постановка и обсуждение эксперимента. Беседа. Работа с учебником.	1.Умение пользоваться методами научного исследования явлений природы: проводить и фиксировать наблюдения, планировать и выполнять эксперименты. 2.Умение работать в группе, отстаивать свои взгляды, вести дискуссию.
3.	Решение задач на движение точки по окружности.	Сформировать умения решать задачи.	Записи в тетради. Работа с учебником.	1.Умение применять полученные знания на практике для решения физических задач.
4.	Нормальное, тангенциальное и полное ускорения материальной точки. Угловая скорость и угловое ускорение.	Сформировать основные понятие «ускорение при движении по окружности», «угловая скорость», «угловое ускорение», «угловое перемещение»	Устный опрос. Постановка опыта. Работа с учебником. Рассказ.	Освоение знаний о поступательном и вращательном движении твердого тела.
5.	Решение задач на кинематику вращательного движения материальной точки тела. Самостоятельная работа	Сформировать умение решать задачи нахождение кинематических характеристик вращательного движения материальной точки	Работа с методическим материалом. Записи в тетради.	Умение применять полученные знания на практике для решения физических задач.
Динамика вращательного движения твердого тела- 12ч.				

1.	Виды движения твердого тела. Особенности вращательного движения твердого тела.	Рассмотреть виды движения твердого тела: поступательное и вращательное. Рассмотреть основные характеристики вращательного движения тела: угловая скорость и угловое ускорение. Сформировать понятие «угол поворота тела». Вывести уравнение вращательного тела вокруг неподвижной оси.	Проверка домашнего задания. Беседа. рассказ. Выделение главного.	Усвоение особенностей вращательного движения. Умения выводить уравнение вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
2.	Теорема о центре масс. Момент силы. Момент инерции материальной точки относительно неподвижной оси вращения.	Сформулировать теорему о центре масс. Сформировать понятия «момент силы» и «момент инерции материальной точки» для неподвижной оси вращения, через вращающий момент.	Беседа. Просмотр видеоролика. Решение задач.	Усвоение теоремы о центре масс. Сформированность понятий «момент силы» и «момент инерции материальной точки»
3.	Момент инерции твердого тела.	Сформировать понятие «момент инерции твердого тела». Объяснить теорему Гюйгенса - Штейнера.	Рассказ. Записи в тетради. Работа с методическим материалом.	Усвоение понятия «момент инерции» и применение этих знаний для решения задач. Усвоение теоремы Гюйгенса - Штейнера.
4.	Л/р.: «Определение момента инерции тела и проверка теоремы Штейнера методом крутильных колебаний».	С помощью эксперимента сформировать знания о моменте инерции тела. Проверить теорему Штейнера методом крутильных колебаний.	Постановка и обсуждение эксперимента. Беседа. Работа с учебником.	1. Умение пользоваться методами научного исследования явлений природы: проводить и фиксировать наблюдения, планировать и выполнять эксперименты. 2. Умение работать в группе, отстаивать свои

				взгляды, вести дискуссию.
5.	Решение задач на момент инерции твердого тела и теорему Штейнера.	Сформировать умения решать задачи.	Работа у доски. Работа с учебником.	Умение применять полученные знания на практике для решения физических задач.
6.	Второй закон Ньютона для вращательного движения.	Сформировать представление о втором законе Ньютона для вращающегося движения твердого тела. Объяснить зависимость между величинами, входящими в формулы этого закона.	Фронтальный опрос. Просмотр видеоролика. Рассказ. Решение задач.	Освоение знаний о фундаментальном физическом законе, лежащих в основе современной физической картины мира.
7.	Момент импульса твердого тела.	Сформировать понятие «момента импульса» для твердого тела; Вывести формулу «момента импульса» для твердого тела.	Беседа. Рассказ. Выделение главного.	Усвоение понятия «момента импульса твердого тела». Умение выводить формулу для момента импульса твердого тела.
8.	Основное уравнение динамики вращательного движения.	Сформировать умение выводить основное уравнение динамики вращательного движения.	Рассказ. Работа у доски. Работа с учебником.	Умение применять полученные на прошлых уроках знания для вывода основного уравнения вращательного движения.
9.	Кинетическая энергия вращающегося тела.	Сформировать знания о кинетической энергии вращающегося тела; Вывести формулу кинетической энергии вращающегося тела.	Фронтальный опрос. Рассказ. Показ презентации.	1. Усвоение понятия «кинетическая энергия вращающегося тела»; 2. Умение решать задачи нахождение кинетической энергии вращающегося тела.
10.	Решение задач на нахождение кинетической энергии вращающегося тела.	Сформировать умения решать задачи.	Работа у доски. Работа с методическим	Умение применять полученные знания на практике для решения физических задач.

			материал ом.	
11.	Работа внешних сил при вращении твердого тела.	Сформировать знания о работе внешних сил при вращении твердого тела.	Проверка домашнего задания. Беседа. Рассказ. Работа с учебником.	Умение находить работу внешних сил при вращении тела.
12.	Контрольная работа по теме.	Выявить уровень знаний по динамике вращательного движения твердого тела.	Решение задач.	Умение применять полученные знания на практике для решения физических задач.

Количество часов на кинематику вращательного движения мало, т.к. формируются только основные понятия и ускоренное движение по окружности не рассматривается. Многие понятия темы достаточно сложны в освоении (момент инерции твердого тела, основное уравнение динамики вращательного движения), поэтому по динамике так много уроков решения задач.

При изучении динамики вращательного движения твёрдого тела выявляется основная цель этого подраздела, а именно: познакомить учащихся с основными законами движения тел, на которые действуют силы. Для понимания этих законов, вводятся такие понятия как: «момент силы», «момент инерции», «момент импульса».

По динамике вращательного движения есть достаточное количество опытов, некоторые из них учитель может провести, например, на момент силы, на превращение энергии, момент инерции (стержня, линейки, диска), много видео опытов есть в Интернете. Можно предложить учащимся самостоятельно провести опыты и представить проекты, которые потом они смогут защитить.

При изучении темы «Кинематика движения материальной точки по окружности» запланировано проведение одной лабораторной работы и два

урока решения задач. В теме «Динамика вращательного движения твердого тела» также предполагается проведение одной лабораторной работы и двух уроков решения задач, а также решение задач на уроках комбинированного типа.

Конечно, объем часов мог бы быть больше, т.к. материал труден для усвоения учащимися, но выделить их не удастся. Материал важен для тех, кто идет на инженерные специальности, но не входит в ЕГЭ, поэтому его глубокое усвоение необязательно.

Выводы по главе 1

Обучение физике на профильном (углубленном) уровне имеет свои особенности. Они связаны как с особенностями учащихся - с одной стороны, учащиеся мотивированы на изучение физики, а с другой – учителю необходима более серьезная подготовка к урокам, разбор сложных задач, учащиеся могут задавать высокий темп, так и с особенностями содержания учебного курса – объем учебного времени более чем вдвое больше, материал рассматривается глубже и шире, больше лабораторных работ и уроков решения задач

ЕГЭ по физике - это один из самых сложных экзаменов по выбору, которые выбирают учащиеся, но, несмотря на это, его выбирают огромное количество учащихся, ведь физика – обязательный предмет во все технические вузы. В основном трудности в сдаче экзаменов по физике у учащихся возникают из-за того, что ЕГЭ охватывает большое количество теоретического материала и проверяет большое количество практических навыков. Часть материала изучалась в основной школе и недостаточно глубоко. Проблема возникает и тогда, когда отдельные разделы курса физики изучаются только в классах физико-математического профиля. Поэтому мы проанализировали изучение механики в профильных классах и разработали планирование для углубленного ее изучения.

В этом планировании сформулированы задачи к каждому уроку, выделены приемы и методы обучения, указаны конкретные результаты.

Глава 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИКИ В ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССАХ

2.1. Методические особенности изучения раздела «Механика» в классах физико-математического профиля

При изучении механики в физико-математических классах преподаватель опирается на первоначальные знания по механике, полученные ранее, в 7 и 9 классах. В 10 классе эти знания углубляются и дополняются. Примерно на изучение физики в профильных классах выделяют 5ч в неделю, на механику отводится 78 часов.

Механика изучает движение и взаимодействие тел - их перемещение в пространстве с течением времени, влияние на перемещение сил, действующих на тела. Основные задачи механики – определение положения тел в любой момент времени, определение механических параметров состояния тела (системы тел) в любой момент времени [20].

При изучении кинематики, как в физико-математических классах, так и в обычных, учитель на первом уроке вводит основные положения, такие как: движение как форма существования материи; формы движения многообразны; самой простой формой движения является механическое движение и т.д. Далее преподаватель демонстрирует на опытах различные движения тел (движение по наклонной плоскости, вращательное движение, колебание маятника).

Сначала рассматривается равномерное движение тела. Повторяется такое понятие как «скорость» и дополняется выяснением векторного характера скорости. Но при этом учитель должен привести основания для признания векторного характера скорости, сопоставляя понятия о векторной и скалярной величинах и приводя примеры этих величин. Рассматриваются закономерности простейшего вида движения - равномерного и

прямолинейного. Обязательно решаются задачи на прямолинейное равномерное движение. Следом разбирается и поступательное движение тела, причем лучше его разбирать на примере равномерного движения, т.к. противопоставление ведет к лучшему усвоению материала.

Что касается решения задач по кинематике, мы предлагаем следующий Алгоритм решения задач [6]:

1. Внимательно прочитать предложенную задачу.
2. Анализ:
 - выбрать систему отчета;
 - выяснить какой вид движения разбирается в этой задаче;
 - определить начальные условия;
 - определить дополнительные условия задачи;
3. Составить систему уравнений.
4. Провести вычисления.
5. Проверить решение.

При изучении динамики преподаватель должен четко знать, какие понятия он должен здесь сформировать или углубить (инерция, масса, сила, импульс силы); какой новый материал он должен сообщить в углубленном изучении (три закона динамики, закон сохранения количества движения); какие умения он должен закрепить (умение применять теоретические знания при решении задач). Этот раздел имеет большое методологическое значение, потому что именно в этом разделе мы имеем яркий пример проявления великого закона диалектического материализма – единства противоположностей – в виде третьего закона динамики. В этом разделе рассматривается один из основных законов природы - закон сохранения; вводится понятие массы как меры инерции, это имеет весомое значение для изучения природы.

Знание динамики важно для учащихся, которые поступают в технические вузы, т.к. законы динамики неразрывно связаны со всеми областями техники. При изучении в этом разделе реактивного движения в

технике, преподавателю необходимо рассказать о достижениях наших советских ученых в этой области. Тем самым учитель будет развивать у учащихся чувства патриотизма. Излагая законы движения нужно не забывать то, что они неразрывно связаны между собой, и только в единстве они должны быть изложены учащимся.

У учащихся возникают трудности при решении задач на вычисление момента инерции тела относительно его оси вращения. Если у учащихся нет достаточной математической подготовки для вычисления момента инерции, то можно без вывода дать значения моментов инерции таких тел как шар, диск.

С затруднениями усваиваются понятия о векторном характере угловой скорости, момента силы, момента импульса, поэтому стоит уделить больше времени на рассмотрение этих понятий, разобрать больше примеров, про решать больше задач (или рассматривать эти темы на внеклассных занятиях).

Алгоритм решения задач по динамике [6]:

1. Внимательно прочитать предложенную задачу.
2. Анализ:
 - выбрать систему отсчета;
 - найти все силы действующие на тело;
 - записать уравнение второго закона Ньютона в векторной форме;
 - выразить силы через величины, от которых они зависят;
 - если требуется записать кинетические выражения;
3. Решить полученную систему уравнений.
4. Провести вычисления.
5. Проверить решение.

Статика - один из самых сложных разделов механики. К основным вопросам, рассматриваемым в этой теме, относятся: выяснить условия равновесия сил, действующих на тело; определить направления тех движений, которые может получить тело при нарушении условий

равновесия. На изучение этого раздела необходимо выделять больше часов, чем есть на самом деле. В этом разделе учащиеся знакомятся с применением законов физики для решения вопросов равновесия и устойчивости инженерных конструкций. Еще одной важной частью этого раздела является то, что он изучает машины и механизмы, а это является неотъемлемой частью политехнического обучения в университетах. Можно сказать, что статика охватывает большой круг технических приложений, органически с ним связанных.

Алгоритм решению задач по статике [1]:

1. Внимательно прочитать предложенную задачу.
2. Анализ:
 - выбрать систему отчета;
 - найти все силы, приложенные к телу, которое находится в равновесии;
 - написать уравнение, выражающее первое условие равновесия в векторной форме, и потом перейти к скалярному виду;
 - выбрать ось, относительно которой будем находить момент сил;
 - определить плечи сил и написать уравнение, выражающее второе условие равновесия;
 - выразить силы, через величины от которых они зависят;
3. Решить полученную систему уравнений.
4. Провести вычисления.
5. Проверить решение.

Основной задачей изучения раздела механики «Законы сохранения» в 10 классе является: формирование понятий «работа сил», «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», знаний о законе сохранения энергии и его применении в различных процессах.

Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса [6]:

1. Внимательно прочитать предложенную задачу.
2. Анализ

- выбрать систему отсчета;
- выделить взаимодействующие тела;
- рассмотреть внешние и внутренние силы для этих тел;
- определить импульсы взаимодействующих тел;
- записать закон сохранения импульса;

3. Полученную систему уравнений решить математически.

4. Провести вычисления.

5. Проверить результат.

Алгоритм решения задач на закон сохранения механической энергии и работу [6]:

1. Внимательно прочитать предложенную задачу.

2. Анализ:

- выбрать систему отсчета;
- выбрать несколько состояний тел системы, чтобы в число их параметров входили как известные, так и искомые величины;
- выбрать нулевой уровень отсчета потенциальной энергии;
- определить силы, действующие на тело;
- записать закон сохранения энергии;
- раскрыть значение энергии в каждом состоянии и, подставить их в уравнение закона сохранения энергии.

3. Решить полученное уравнение математически.

4. Провести вычисления.

5. Проверить результат.

К задачам раздела «Механические колебания и волны» относятся следующие: расширить знания об ускорении, распространив его на случай периодически переменного ускорения; ввести такие понятия как «амплитуда», период и фаза колебания; вывести законы колебаний математического маятника. Именно эти законы и понятия помогут учащимся изучить особенности колебательного движения. На законах этого раздела основываются такие виды техники, как практическая акустика,

электротехника переменного тока, радиотехника, рентгентехника и т.д. Отдельный урок необходим для того, чтобы рассмотреть, от каких величин и от чего зависит период колебания математического маятника. Рекомендуется для закрепления каждой темы в этом разделе решать качественные и количественные задачи.

В механике проводятся лабораторные работы [25]:

1. Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести;
2. Изучение закона сохранения механической энергии;

Также можно провести лабораторные работы по изучению динамики вращательного движения на приборе Обербека; изучение динамики поступательного и вращательного движений на машине Атвуда; измерение ускорения свободного падения; изучение движения конического маятника.

Знания подразделов механики широко используются в других разделах физики, например: при изучении небесной механики, теории колебаний физического маятника, теорий теплоемкости веществ и поляризации диэлектриков, движении заряженных частиц в магнитном поле, магнитных свойств веществ, классической и квантовой моделей атома.

2.2. Методические рекомендации по изучению темы «Динамика вращательного движения твердого тела»

Понятия темы «Динамика вращательного движения» мы начинаем разбирать с введения таких понятий, как «твердое тело», виды его движения [19]. При рассмотрении вращательного движения твердого тела преподавателю для начала следует рассказать о поступательном виде движения, т.к. оно лучше усваивается учащимися. В дальнейшем при изучении материала в некоторых случаях можно проводить аналогию с поступательным движением. Для перехода к этому понятию мы тело как бы

разбиваем на части (материальные точки), но движение твердого тела только при определенных условиях можно свести к движению материальной точки. В других случаях рассматривают поступательное движение твердого тела. Что касается вращательного движения, то первоначально нужно разобрать вращательное движение вокруг неподвижной оси. После этого нужно рассказать о кинематическом описании вращательного движения твердого тела. И только теперь мы объясняем детям, что для описания вращательного движения вокруг неподвижной оси достаточно лишь одной величины – угла φ (угол, который описывают точки тела при вращении).

При описании движения твердого тела учащиеся должен уметь находить координаты всех точек тела. Поэтому на следующем этапе вводится понятие «центр масс» и изучается теорема о центре масс.

Для этого нужно разобрать пример (Рис.1):

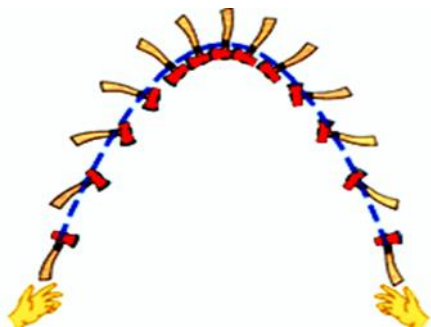


Рис.1. Траектория полета топора.

Допустим, что человеку нужно подбросить топор так, чтобы он вращался в вертикальной плоскости. Точка, расположенная в центре топора будет двигаться по плавной линии – такой, по которой летел бы брошенный камень, сам же топор вращается вокруг этой точки. После чего к одному концу топора прикрепим груз и снова его так же бросим. Движение топора будет неизменным, но точка, движущаяся по плавной кривой, будет теперь расположена не в центре топора, а ближе к грузу.

Из данного примера мы можем вывести новое понятие, такое как центр масс тела - это точка тела, движущаяся как будто на нее действуют только

внешние силы, и ее расположение зависит от того, как распределена масса внутри тела.

Формула центра масс твердого тела имеет вид:

$$r_c = \frac{\sum_{k=1}^n m_k r_k}{\sum_{k=1}^n m_k}, \text{ где-}$$

$\sum_{k=1}^n m_k$ - суммарная масса системы;

r_k - радиус-вектор k-ой материальной точки тела.

Далее можно рассмотреть опыт (Рис.2):

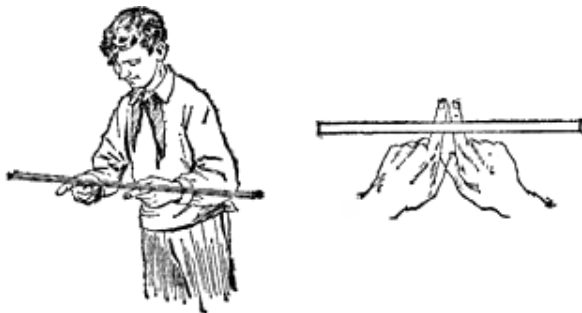
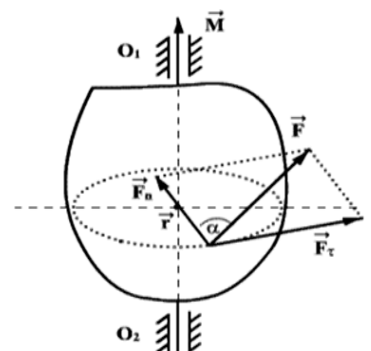


Рис.2. Центр масс палки.

Кладем палку на пальцы так, чтоб ее предполагаемый центр тяжести находился между пальцев. Затем плавно перемещаем пальцы навстречу друг другу, в точках соприкосновения пальцев и палки будут действовать сила реакции опоры, тяжести и сила трения, и одновременно скользить будет в той точке, где сила трения меньше, а чем ближе к центру, тем она будет больше, так поочередно проскальзывая пальцы, сойдутся в центре тяжести.

Обязательно нужно обсудить способы нахождения центра масс различных тел, а также объяснить учащимся, что в однородных телах центр масс симметрии находится в центре масс самого тела. Для других случаев можно воспользоваться теоремой центра масс.

После того, как изучили понятие «центр масс», разберем, что такое импульс твердого тела и момент силы. Импульс твердого тела равен импульсу материальной точки, масса, которой равна массе тела, а скорость равна скорости центра масс.



Допустим, к материальной точке прикладывается сила, действующая в плоскости движения. Разложим эту силу на две составляющие (Рис.3).

Из рисунка мы видим, что тело начинает вращаться, потому что на него действует тангенциальная сила. Таким образом, произведение тангенциальной силы на радиус равно моменту силы.

Рис.3. Разложение силы на две составляющие

Момент силы имеет направление, может увеличивать или уменьшать угловую скорость. Это следует обсудить на примерах (рис.4). Это значит, что при вращении точки одно из направлений, по часовой стрелке, будем считать положительным, и будем приписывать моменту силы знак «плюс», а при противоположном вращении знак «минус».



Рис.4. Вращение фигуристки

Формула момента силы твердого тела:

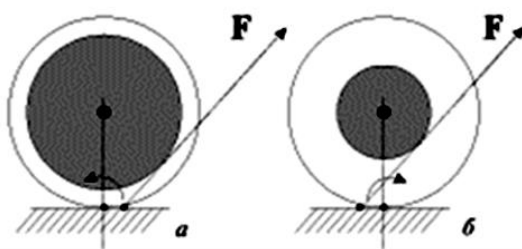
$$M_i = m_i r_i^2 \varepsilon, \text{ где}$$

ε – угловое ускорение тела;

$m_i r_i^2$ - момент инерции.

Например, при рассмотрении момента силы можно продемонстрировать опыт с послушной или непослушной катушкой (Рис.5):

Рис.5. Послушная и непослушная катушка.



Далее можно показать опыт «физический маятник» (Рис.6):

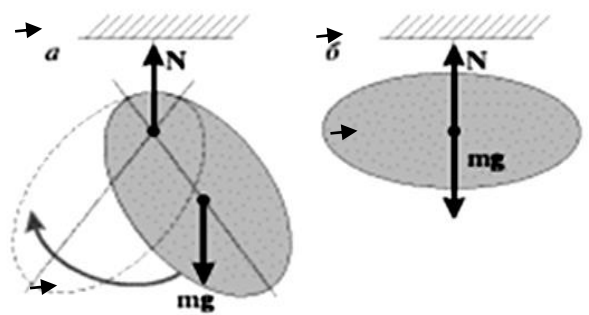


Рис.6. Физический маятник.

Для определения момента инерции нужно знать формулу момента силы. Момент инерции материальной точки относительно оси вращения равен произведению массы материальной точки тела на квадрат ее расстояния до оси вращения.

$$J_i = m_i r_i^2$$

Момент инерции твердого тела лучше всего разобрать следующим образом: Разбиваем тело на материальные точки и представляем, что это тело вращается вокруг оси, которая проходит через центр масс. После этого, находим для каждой материальной точки тела момент инерции. Таким образом, мы находим общий момент инерции твердого тела (Рис.7.)

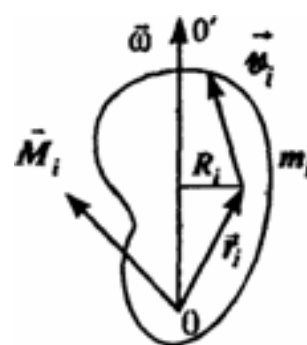


Рис.7. Момент инерции твёрдого тела.

Далее определяем зависимость момента инерции от массы тела и от характера распределения этой массы. Следует отметить, что момент инерции зависит и от длины тела, чем длиннее тело по оси вращения, тем меньше момент инерции, т. к. отдельные части тела будут располагаться ближе к оси вращения. Нужно сказать, что для того чтобы изменить момент инерции, мы должны изменить ось вращения. Для того чтобы изменить момент импульса, мы изменяем угловую скорость. Момент инерции у твердых тел - величина постоянная.

На основе второго закона Ньютона можно сказать, что при вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси угловое ускорение прямо пропорционально вращающему моменту и обратно пропорционально моменту инерции относительно этой оси.

Радиус-вектор тела, умноженный на импульс этого тела, равен моменту импульса.

Момент импульса относительно точки [19]:

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n [r_i m_i V], \text{ где}$$

$\sum_{i=1}^n L_i$ - суммарный импульс систем;

m_i - масса материальной точки тела;

r_i - расстояние от материальной точки тела до оси вращения;

ϑ - скорость тела.

С учетом связи линейных и угловых величин, получим:

$$L_i = m_i r_i^2 \omega, \text{ где}$$

$m_i r_i^2$ - момент инерции материальной точки тела;

ω - угловая скорость тела.

Момент импульса относительно оси вращения:

$$L = I \omega, \text{ где}$$

I – момент инерции тела;

ω - угловая скорость тела.

Из формулы видим, что момент инерции тела, умноженный на угловую скорость вращения тела, равен моменту импульса относительно оси вращения.

Твердое тело разобьем на множество материальных точек. Когда тело начинает вращаться - ускорение и скорость этих точек одинаковы. Для того, чтобы вывести уравнение динамики вращательного движения, запишем для каждой материальной точки уравнения и потом сложим их все. По третьему закону Ньютона силы взаимодействия равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны, а значит, сумма моментов материальных точек в результате сложения уравнений окажется равной нулю. Учитывая то, что у всех точек тела при вращении будут одинаковые угловые перемещения с одинаковыми скоростями и ускорениями, запишем

уравнение вращательного движения всего тела:
$$\frac{dL}{dt} = M$$

Изменение момента количества движения твердого тела равно импульсу момента всех внешних сил, действующих на это тело.

В механике существует три закона сохранения: импульса, энергии и момента импульса. Все они являются следствиями законов движения.

Момент импульса остается постоянным в том случае, если при вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси момент внешних сил и производная момента импульса тела равны нулю.

$L = \text{const}$ - это уравнение показывает то, что в замкнутой системе тел полный момент импульса остается постоянным.

Если момент внешней силы, действующей на тело, равен нулю, то уравнение выполняется в том случае, когда тело не является твердым, т.е. когда момент его инерции может изменяться. Причем в этом случае закон сохранения момента импульса позволяет простым путем получить важные заключения о характере вращения тела.

Кинетическая энергия тела при движении складывается из энергии поступательного движения со скоростью, равной скорости центра инерции, энергии вращения вокруг оси, проходящей через центр инерции тела.

Сумма кинетических энергий всех материальных точек тела равна кинетической энергии движущегося тела:

$$W_k = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2}, \text{ где}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2} - \text{сумма кинетических энергий всех материальных точек тела.}$$

Если учесть, что твердое тело движется поступательно и вращательно, то формула кинетической энергии примет другой вид [19]:

$$W_k = \frac{mV^2}{2} + \frac{I_c \omega^2}{2}, \text{ где}$$

I_c - момент инерции тела относительно мгновенной оси вращения, проходящей через центр инерции;

ω^2 - угловая скорость тела;

$\frac{m v^2}{2}$ - кинетическая энергия.

Работа внешних сил действующих на вращающееся твердое тело равна (Рис.8):

$$A = \int_0^\varphi M d\varphi$$

Различия между задачами на динамику

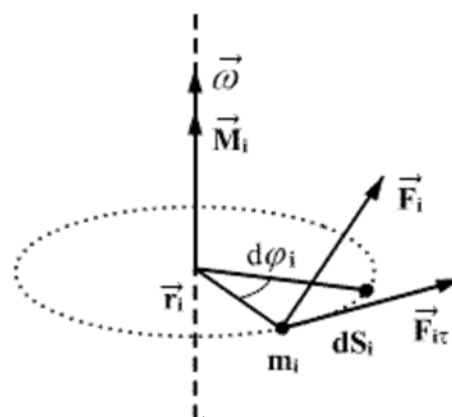


Рис.8. Работа внешних сил.

материальной точки, которая движется по окружности и обсудить некоторые опыты по проверке основного закона вращательного движения (рис.11).

Существует несколько видов задач на динамику вращения твердого тела [1]:

- по определению углового ускорения для плоского движения тела; Рис.11. Опыт к ОЗВД
- по определению ускорения центра масс твердого тела для одновременно вращательного и поступательного движения твердого тела;
- по определению сил взаимодействия между твердыми телами при их движении;
- по определению момента инерции тела;
- по определению закона сохранения импульса;
- по определению закона сохранения энергии;
- по определению центра масс тела.

В конце изучения всей темы дается контрольная работа, которая может включать в себя задания части А – тесты, части В – типовые задачи, части С – сложные творческие задачи. В части С учащимся представляется развернутое решение задачи: с рисунком и с выводом элементарных формул.

Далее мы разработали урок по одной из тем подраздела «Динамика вращательного движения твердого тела» (См. Приложение 2).

Урок подготовлен в традиционной методике – т.е. требования новых ФГОС не выполняются. Это связано с тем, что старшая школа еще не переходит на эти стандарты.

2.3. Педагогический эксперимент

Педагогический эксперимент проходил в течение двух месяцев, в школе №10 г.Лабинска п.Прохладного, участвовали ученики 10го физико-математического класса, количество учащихся 19 человек.

Главной целью педагогического эксперимента была проверка гипотезы исследования.

Для проведения эксперимента нами были использованы следующие методы: наблюдение за учебным процессом, тестирование.

По разработанным нами методическим рекомендациям в физико-математическом классе объяснялась тема «Вращательное движение твердого тела». По завершению изучения данной темы, мы решили проверить уровень сформированности таких действий как:

- определение момента инерции;
- определение момента сил, направление вектора момента силы.
- определение момента импульса.

Для проверки усвоения темы «Вращательное движение твердого тела» учащимся физико-математического класса был предложен тест (дан в Приложении 3). Тест был разработан для двух вариантов, время выполнения - 15 минут.

Правильность действия определялась по полноте выполняемых операций следующим образом: если выполнены все операции, то действие сформировано полностью, если менее половины – не сформировано. соответственно, успешность выполнения означает полное выполнение, если пропущена 1 операция или есть недочеты – действие сформировано частично (см. Таблица 2).

Для проверки действий учащимся предлагались задания двух типов – на прямое использование формулы в типовой ситуации и с более сложной ситуацией.

Коэффициент успешности выполнения действия определяется отношением

$K = \frac{N_i}{N_n} \cdot 100\%$, где N_i - число учащихся, правильно выполнивших все операции действия в обоих типах заданий, N_n - число учащихся, выполнявших действие.

Так, действие «определение момента инерции» состоит из операций: определение центра масс, определение момент инерции относительно оси.

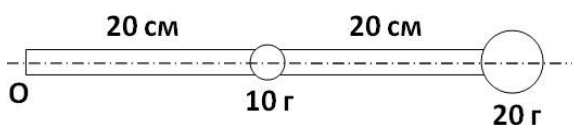
Были предложены следующие задания:

Типовое: Момент инерции материальной точки относительно неподвижной оси вращения – это:

1. векторная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на квадрат расстояния до оси или центра вращения;
2. скалярная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на квадрат расстояния до оси или центра вращения;
3. скалярная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на расстояние до оси или центра вращения;
4. среди приведенных ответов нет правильного.

Повышенной сложности: Два небольших шарика массами 10 г и 20 г закреплены с помощью легкого стержня длиной 40 см, как показано на рисунке. Определите момент инерции такой системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку O.

1. $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
2. $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
3. $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
4. $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$



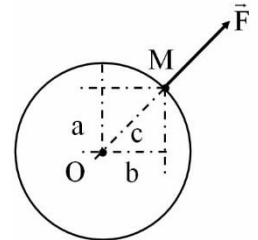
В действие «определение момента сил» входят операции: записать основное уравнение динамики вращательного движения, найти момент импульса, найти момент сил.

Были предложены задания:

Типовое: Выберите верное утверждение. Направление вектора момента силы...

1. не совпадает с направлением вектора углового ускорения;
2. совпадает с направлением вектора углового ускорения;
3. противоположно направлению вектора углового ускорения;
4. перпендикулярно направлению вектора углового ускорения.

Повышенной сложности: К точке М, лежащей на внешней поверхности диска, приложена сила F . Если ось вращения проходит через центр O диска перпендикулярно плоскости рисунка, то момент силы F численно равен...



1. $F \cdot a$;
2. $F \cdot b$;
3. $F \cdot c$;
4. 0.

На « момент импульса» были предложены следующие задания:

Типовое задание: Как изменится момент импульса свободно вращающегося тела при уменьшении момента инерции в два раза (при неизменной угловой скорости)?

1. Не изменится;
2. Уменьшится в 2 раза;
3. Увеличится в 4 раза;
4. Уменьшится в 4 раза;

Повышенной сложности: Материальная точка массой 1 г, находящаяся на расстоянии 5 см от неподвижной оси, вращается вокруг нее с линейной скоростью 100 см/с. Момент импульса точки, выраженный в единицах системы СИ равен:

1. $2 \cdot 10^{-5} \text{ кгм}^2 \text{ с}^{-1}$;
2. $5 \cdot 10^{-5} \text{ кгм}^2 \text{ с}^{-1}$;
3. $2 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}^2 \text{ с}^{-1}$;
4. $5 \cdot 10^{-3} \text{ кгм}^2 \text{ с}^{-1}$.

Они позволяют проверить следующие операции, входящие в решение: определить момент инерции, определить момент импульса.

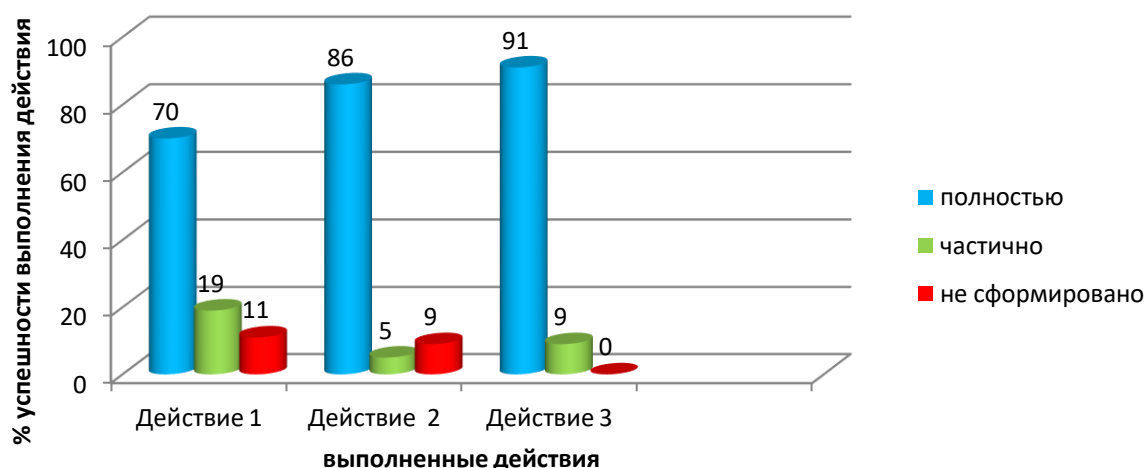
Успешность выполнения действий отображена в таблице 2.

Таблица 2.

Названия операции	Сформировано полностью	Частично сформировано	Не сформировано
Определение момента инерции	70%	19%	11%
Определение момента сил, направление вектора момента силы.	86%	5%	9%
Определение момент импульса	91%	9%	0%

Результаты наглядно представлены на диаграмме 1 – видно, что предлагаемая методика позволяет достаточно эффективно формировать умения по теме.

Диаграмма 1. Выполнение действий на определение момента инерции, момента импульса



В некоторых заданиях теста были рисунки - учащиеся физико-математических классов лучше всего справились с заданиями, в которых есть рисунок. Так же быстро и легко были решены задания на определения момента инерции и момента импульса.

Хуже были выполнены задания на определение момента сил и направления вектора момента сил.

В целом по результатам теста было выявлено, что учащиеся физико-математических классов, после проведенных методически грамотно построенных уроков лучше и легче усваивают материал, при решении заданий быстро воспроизводят знания по пройденным темам.

Таким образом, была подтверждена актуальность темы исследования, его гипотеза и полезность рекомендаций к ней. Материалы внедрены в практику работы школы.

Выводы по главе 2

В данной главе нами были разработаны методические рекомендации по теме «Вращательное движение твердого тела». Эти рекомендации включают выделенные нами методические особенности изучения раздела механики и конкретную методику формирования понятий и закономерностей темы «Вращательное движение твердого тела» - особенности введения понятий, обсуждения закономерностей, возможный физический эксперимент и пр.

Далее описан педагогический эксперимент, главной целью которого была проверка гипотезы исследования. Разработанные методические материалы для эффективного усвоения знаний по теме «Вращательное движение твердого тела» в классах физико-математического профиля прошли частичную апробацию и получили положительную оценку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Углубленное изучение механики в классах физико-математического профиля способствует формированию у учащихся знаний и умений, необходимых для обучения в технических вузах или на инженерных специальностях, которые выбирает большинство выбравших этот профиль, а также представлений о физической картине мира, диалектического мышления.

Изучаемая в школе механика предстает перед учащимися как «истина в последней инстанции», ее законы и понятия - как абсолютно точные и универсально применимые. Это не так, но основное содержание этого раздела в науке действительно не менялось много лет. Просто механика имеет границы применимости, просто учащимся нигде, ни в одном месте раздела не показывают границ применимости ряда ее основных понятий и закономерностей. Это необходимо сделать в релятивистской механике, а также при изучении атома.

При анализе методики преподавания механики нельзя не отметить, что современные подходы к изучению одного из самых старых разделов физики представлены не в том объеме, в котором необходимо.

Знания по теме «Вращательное движение твердого тела» используются не только для объяснения отдельной области физических явлений, она имеет важные приложения как в механике, так и в других разделах физики - электродинамике, астрономических темах. Знания характеристик и законов вращательного движения необходимы для изучения теоретической механики, небесной механики и т.д.

Изучение кинематики, динамики, законов сохранения момента импульса и энергии для вращающихся тел, с опорой на аналогию с поступательным движением твердого тела способствует формированию целостного представления о вращательном движении. Иллюстрация многочисленных примеров проявления вращательного движения в природе,

технике, быту необходима для анализа роли вращательного движения в физической модели мира.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бушок Г. Ф., Венгер Е.Ф. Методика преподавания физики в высшей школе. Киев: Наукова Думка, 2000.
2. Гладкая И.В., Ильина С.П., Ривкина С.В. Профильное обучение и предпрофильная подготовка. Методические рекомендации к курсу по выбору. СПб.: РГПУ им.А.И.Герцена, 2005.
3. Гурина Р.В. Начальная профессиональная подготовка учащихся в профильных физико-математических классах. Ульяновск: УлГУ, 2004. 291с.
4. Дьякова Е.А. Особенности обобщения знаний учащихся по физике в физико-математических классах. /Физика и ее преподавание в школе и вузе. IX Емельяновские чтения: Материалы всерос. научно-практ. конф. / Мар. Гос. ун-т; под ред. В.А.Белянина, Н.Л.Курилевой. Йошкар-Ола, 2011. С.95-100.
5. Дьякова Е.А. Проблемность как основа современного обучения физике // Школа будущего. №4. 2011. С.81-86.
6. Каменецкий С.Е., Орехов В.П. Методика решения задач по физике в средней школе. М., 1987.
7. Китайгородская Г.И. Теоретические основы подготовки учителя физики к системному проектированию образовательного процесса в условиях профильного обучения : монография / Г.И. Китайгородская. Сыктывкар: Коми пединститут, 2011. 156 с.
8. Концепция профильного обучения на старшей ступени общего образования / Бюллетень Минобразования РФ. №2. 2002.
9. Лабораторный практикум по теории и методике обучения физике в школе. / Под ред. С.Е. Каменецкого, С.В. Степанова. М., 2003.
10. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни. М.: Просвещение, 2008. 366 с.
11. Мякишев Г.Я., Синякова А.З. Физика. 10 класс. Механика. 12-е изд., стереотип. М.: Дрофа. 2010.
12. Опыт организации профильного обучения в школе: инструктивно-методические материалы / авт.сост. Т. Н. Назарова. Волгоград: Учитель, 2008. 215 с.
13. Орехов В.П., Усова А.В. Методика преподавания физики в 8-10 классах. М.: Просвещение, 1980.
14. Самоненко Ю.А. Учителю физики о развивающем образовании/ Самоненко Ю.А. Электрон. текстовые данные. М.: БИНОМ.

- Лаборатория знаний, 2012. 289 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13288>. ЭБС «IPRbooks»
15. Саурова Ю.А. Физика. Поурочные разработки 10 класс.- М.: Просвещение, 2015.
 16. Сафаров Н. Ю. Методика изучения вращательного движения твердого тела с использованием аналогии // Молодой ученый. №9. 2009. С.161-167.
 17. Соколов И. И. Методика преподавания физики. М., 1959.
 18. Сорокин А.В. Физика: наблюдение, эксперимент, моделирование. Элективный курс: Учебное пособие / А.В.Сорокин, Н.Г.Торгашина, Е.А.Ходос, А.С.Чиганов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
 19. Стрелков С.П. Механика. М.: Наука, 1975.
 20. Теория и методика обучения физике в школе. Частные вопросы. Учеб.пособие для студ. пед. вузов. / Под ред. Каменецкого С.Е. и др. М.: Издательский центр «Академия», 2000.
 21. Теоретические основы содержания общего среднего образования./ Под ред. В.В.Краевского, И.Я.Лернера. М.: Педагогика, 1983. 352 с.
 22. Терентьев М.М. Демонстрационный эксперимент по физике в проблемном обучении М.: Просвещение, 1978.
 23. Учебный физический эксперимент. Современные технологии: 7-11 классы : методическое пособие / Г.Г. Никифоров, О.А. Поваляев, В.В. Майер и др.; под ред. Г.Г. Никифорова. М.: Вентана Граф, 2015. 112 с.
 24. Федеральный государственный образовательный стандарт (полного) общего образования. М.: Просвещение, 2012.
 25. Физика: Механика. 10 кл.: Учеб, для углубленного изучения физики /М.М.Балашов, А.И.Гомонова, А.Б.Долицкий и др.; Под ред. Г.Я.Мякишева. 5-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2002.
 26. Физика. 10-11 классы: сборник элективных курсов / авт.сост. В. А. Попова. Волгоград: Учитель, 2007. 246 с.
 27. Чижов Г.А., Ханнанов Н.К. Учебник для классов с углубленным изучением по физике. 10 класс. М.: Дрофа, 2010.
 28. <http://www.edu.ru> – Российское образование – Федеральный портал
 29. <http://www.festival.1september.ru> – фестиваль педагогических идей «Открытый урок»

Приложения

Приложение 1

Тематическое планирование раздела « Механика»

№№	Тема урока	Количество часов
1.	Введение	1
	Кинематика –13 ч.	13 ч
1.	Виды механического движения и способы его описания.	1
2.	Решение задач.	1
3.	Равномерное прямолинейное движение и его описание.	1
4.	Относительность движения.	1
5.	Мгновенная скорость. Ускорение.	1
6.	Движение с постоянным ускорением.	1
7.	Решение задач.	1
8.	Свободное падение и его описание.	1
9.	Равномерное движение точки по окружности.	1
10.	Решение задач.	1
11.	Поступательное и вращательное движение твердого тела.	1
12.	Решение задач.	1
13.	Контрольная работа.	1
	Динамика- 10ч.	10 ч.
1.	Тела и их взаимодействия. Явления инерции.	1
2.	Масса-характеристика инертности тела.	1
3.	Сила-характеристика действия.	1
4.	Инерциальные системы отчета (ИСО). Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.	1
5.	Второй закон Ньютона.	1
6.	Принцип суперпозиции сил. Решение задач.	1
7.	Третий закон Ньютона – закон взаимодействия.	1
8.	Решение задач.	1
9.	Геоцентрическая система отсчета. Принцип относительности Галилея.	1
10.	Самостоятельная работа.	1
	Статика – 10ч.	10ч
1.	Виды взаимодействий и виды сил. Сила упругости. Закон Гука.	1
2.	Л/р.: «Измерение жёсткости пружины»	1
3.	Решение задач.	1

4.	Закон всемирного тяготения.	1
5.	Сила тяжести. Вес тела. Невесомость.	1
6.	Сила тяжести на других планетах. Решение задач.	1
7.	Первая космическая скорость.	1
8.	Сила трения.	1
9.	Л/р.: «Измерение коэффициента трения скольжения».	1
10.	Обобщение. Контроль знаний.	1
	Применение законов динамики. (Практикуму по решению задач)- 7ч.	8ч.
1.	Движение тел под действием силы упругости.	1
2.	Движение тел у поверхности Земли	1
3.	Решение задач.	1
4.	Л/р.: «Изучение движения тела, брошенного горизонтально».	1
5.	Движение тела под действием нескольких сил.	1
6.	Л/р.: «Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести».	1
7.	Решение задач.	1
8.	Контрольная работа.	1
	Динамика вращательного движения твердого тела- 12ч.	12ч.
1.	Виды движения твердого тела. Особенности вращательного движения твердого тела.	1
2.	Теорема о центре масс. Момент силы. Момент инерции материальной точки относительно неподвижной оси вращения.	1
3.	Момент инерции твердого тела.	1
4.	Л/р.: «Определение момента инерции тела и проверка теоремы Штейнера методом крутильных колебаний».	1
5.	Решение задач на момент инерции твердого тела и теорему Штейнера.	1
6.	Второй закон Ньютона для вращательного движения.	1
7.	Момент импульса твердого тела.	1
8.	Основное уравнение динамики вращательного движения.	1
9.	Кинетическая энергия вращающегося тела.	1
10.	Решение задач на нахождение кинетической энергии вращающегося тела.	1
11.	Работа внешних сил при вращении твердого тела.	1
12.	Контрольная работа по теме.	1

	Законы сохранения - 16ч.	16ч.
1.	Движение материальной точки. Импульс.	1
2.	Закон сохранения импульса.	1
4.	Решение задач.	1
5.	Реактивное движение и его использование в освоении космического пространства.	1
6.	Самостоятельная работа.	1
7.	Механическая работа. Мощность.	1
8.	Энергия как характеристика состояния системы. Кинетическая энергия.	1
9.	Решение задач.	1
10.	Работа силы тяжести. Решение задач.	1
11.	Работа силы упругости. Решение задач.	1
12.	Потенциальная энергия. Решение задач.	1
13.	Закон сохранения энергии в механике.	1
14.	Л/р.: «Изучение закона сохранения механической энергии».	1
15.	Решение задач.	1
16.	Контрольная работа.	1
	Механические колебания и волны – 10ч.	10ч.
1.	Механические колебания. Гармонические колебания.	1
2.	Свободные колебания. Пружинный маятник.	1
3.	Свободные колебания. Математический маятник.	1
4.	Превращения энергии при свободных механических колебаниях.	1
5.	Вынужденные колебания. Резонанс. Автоколебания.	1
6.	Самостоятельная работа	1
7.	Волны. Механические волны.	1
8.	Звук.	1
9.	Эффект Доплера.	1
10.	Контрольная работа	1

Приложение 2

Урок по теме: «Центр масс» (для 10 физико-математического класса)

Цель: Познакомить учащихся с понятием «центр масс» и его свойствами.

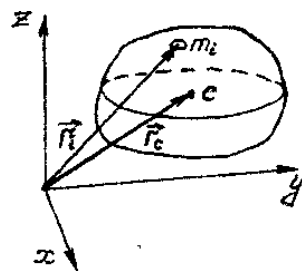
Оборудование: фигуры из картона или фанеры, «неваляшка», перочинный нож, карандаши.

Ход урока

I. Повторение. Фронтальный опрос основных понятий: плечо силы, момент силы, условие равновесия, виды равновесия.

II. Объяснение нового материала

Пусть дано тело или система тел. Мысленно разобьем тело на сколь угодно малые части с массами $m_1, m_2, m_3 \dots$. Каждую из этих частей можно рассматривать как материальную точку. Положение в пространстве i -ой материальной точки с массой m_i определяется радиус-вектор r_i . Масса тела есть сумма масс отдельных его частей:



$$\sum_{i=1}^n m_i.$$

Центр масс тела - это точка тела, движущаяся как будто на нее действуют только внешние силы, и ее расположение зависит от того, как распределена масса внутри тела.

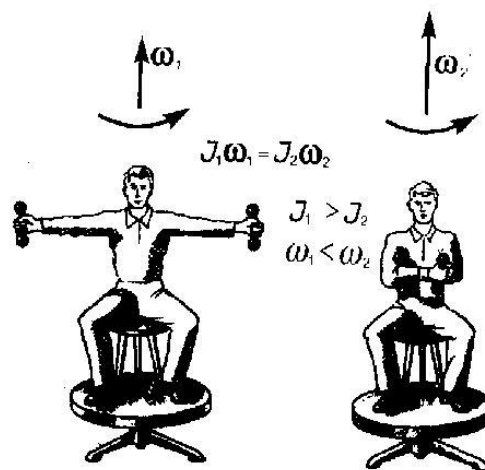
Формула центра масс твердого тела имеет вид:

$$r_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i r_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \text{ где -}$$

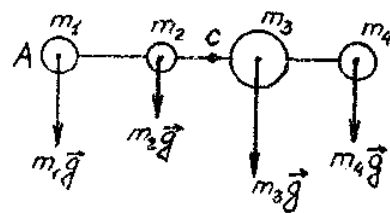
$\sum_{i=1}^n m_i$ - суммарная масса системы;

r_i - радиус-вектор i -ой материальной точки тела.

Можно показать, что положение центра масс относительно тела не зависит от выбора начала координат O , т.е. данное выше определение центра масс однозначно и корректно.



Центр масс однородных симметричных тел расположен в их геометрическом центре или на оси симметрии, центр масс у плоского тела в



виде произвольного треугольника находится на пересечении его медиан.

III. Решение задачи у доски.

ЗАДАЧА 1. На легком стержне (рис. 1.2) закреплены однородные шары массами $m_1 = 3$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 6$ кг, и $m_4 = 3$ кг. Расстояние между центрами любых ближайших шаров $a = 10$ см. Найти положение центра тяжести и центра масс конструкции.

РЕШЕНИЕ. Положение относительно шаров центра тяжести конструкции не зависит от ориентации стержня в пространстве. Для решения задачи удобно расположить стержень горизонтально. Пусть центр тяжести находится на стержне на расстоянии L от центра левого шара, т.е. от т. А. В центре тяжести приложена равнодействующая всех сил тяжести и ее момент относительно оси А равен сумме моментов сил тяжести шаров.

$$\text{Имеем } r = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) g ,$$

$$R L = m_2 g a + m_3 g 2 a + m_4 g 3 a .$$

$$\text{Отсюда } L = a (m_1 + 2m_3 + 3m_4) / (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \approx 16,4 \text{ см}$$

ОТВЕТ. Центр тяжести совпадает с центром масс и находится, в точке С на расстоянии $L = 16,4$ см от центра левого шара.

Оказывается, что у центра масс тела (или системы тел) есть ряд замечательных свойств. В динамике показывается, что импульс произвольно движущегося тела равен произведению массы тела на скорость его центра масс и что центр масс движется так, как если бы все внешние силы, действующие на тело, были приложены в центре масс, а масса всего тела была сосредоточена в нем.

Центром тяжести тела, находящегося в поле тяготения Земли, называют точку приложения равнодействующей всех сил тяжести, действующих на все части тела. Эта равнодействующая называется силой тяжести, действующей на тело. Сила тяжести, приложенная в центре тяжести тела, оказывает на тело такое же воздействие, как и нее силы тяжести, действующие на отдельные части тела.

Положение центра тяжести относительно тела зависит только от формы тела и распределения массы в теле и не зависит от положения тела в однородном поле тяжести. Центр тяжести не обязательно находится в самом теле. Например, у обруча в однородном поле тяжести центр тяжести лежит в его геометрическом центре.

В однородном поле тяжести центр тяжести тела совпадает с его центром масс. Центр масс тела существует независимо от наличия поля тяжести, а о центре тяжести можно говорить только при наличии силы тяжести.

Местоположение центра тяжести тела, а значит и центра масс, удобно находить, учитывая симметричность тела и используя понятие момента силы.

Вспоминая условия равновесия, мы выяснили, что если плечо силы равно нулю, то момент силы равен нулю и такая сила не вызывает вращательного движения тела.

Следовательно, если линия действия силы проходит через центр масс, то оно движется поступательно.

Таким образом, можно определить центр масс любой плоской фигуры. Для этого надо закрепить ее в одной точке, дав ей возможность свободно поворачиваться. Она установится так, чтобы сила тяжести, поворачивающая ее, проходила через центр масс. В точке закрепления фигуры подвесим нить с грузом (гайкой), проведем линию вдоль подвеса (т.е. линию действия силы тяжести). Повторим действия, закрепив фигуру в другой точке. Пересечение линий действия сил тяжести – центр масс тела.

Экспериментальное задание: определить центр тяжести плоской фигуры (по подготовленным ранее учащимися фигурам из картона или фанеры).

Инструкция: закрепляем фигурку на штативе. Подвешиваем за один из углов фигуры отвес. Проводим линию действия силы тяжести. Поворачиваем фигуру, повторяем действие. Центр масс лежит в точке пересечения линий действия силы тяжести.

Быстро справившись с заданием учащимся можно дать дополнительное задание: прикрепить к фигуре груз (металлический болт) и определить новое положение центра масс. Сделать вывод.

Изучение замечательных свойств «центров», которому более двух тысячелетий, оказалось полезным не только для механики - например, при конструировании транспортных средств и военной техники, расчете устойчивости сооружений или для вывода уравнений движения реактивных аппаратов. Вряд ли Архимед мог даже помыслить о том, что понятие центра масс окажется весьма удобным для исследований в ядерной физике или в физике элементарных частиц.

Сообщения учащихся:

В своем труде «О равновесии плоских тел» Архимед употреблял понятие центра тяжести, фактически не определяя его. Видимо, оно впервые было введено неизвестным предшественником Архимеда или же им самим, но в более ранней, не дошедшей до нас работе.

Должно было пройти долгих семнадцать столетий, прежде чем наука прибавила к исследованиям Архимеда о центрах тяжести новые результаты. Это произошло, когда Леонардо да Винчи сумел найти центр тяжести тетраэдра. Он же, размышляя об устойчивости итальянских наклонных башен, в том числе - Пизанской, пришел к «теореме об опорном многоугольнике».

Выясненные еще Архимедом условия равновесия плавающих тел впоследствии пришлось переоткрывать. Занимался этим в конце XVI века : голландский ученый Симон Стевин, применявший, наряду с понятием центра тяжести, и понятие «центр давления» - точку приложения силы давления окружающей тело воды.

Принцип Торричелли (а его имя носят и формулы для расчета центра масс), оказывается, был предвосхищен его учителем Галилеем. В свою очередь, этот принцип лег в основу классического труда Гюйгенса о маятниковых часах, а также был использован в знаменитых гидростатических исследованиях Паскаля.

Метод, позволивший Эйлеру изучать движение твердого тела под действием любых сил, состоял в разложении этого движения на перемещение центра масс тела и вращение вокруг проходящих через него осей.

Для сохранения в неизменном положении предметов при движении их опоры уже несколько столетий применяется так называемый карданов подвес - устройство, в котором центр тяжести тела располагают ниже осей, вокруг которых оно может вращаться. Примером может служить корабельная керосиновая лампа.

Хотя на Луне сила тяжести в шесть раз меньше, чем на Земле, увеличить там рекорд по прыжкам в высоту удалось бы «всего» лишь в четыре раза. К такому выводу приводят расчеты по изменению высоты центра тяжести тела спортсмена.

Помимо суточного вращения вокруг своей оси и годового обращения вокруг Солнца, Земля принимает участие еще в одном круговом движении. Вместе с Луной она «крутится» вокруг общего центра масс, расположенного примерно в 4700 километрах от центра Земли.

Некоторые искусственные спутники Земли снабжены складной штангой в несколько или даже в десятки метров, утяжеленной на конце (так называемый гравитационный стабилизатор). Дело в том, что спутник вытянутой формы стремится при движении по орбите повернуться вокруг своего центра масс так, чтобы его продольная ось расположилась вертикально. Тогда он, подобно Луне, будет все время обращен к Земле одной стороной.

Наблюдения за движением некоторых видимых звезд свидетельствуют о том, что они входят в двойные системы, в которых происходит вращение «небесных партнеров» вокруг общего центра масс. Одним из невидимых компаньонов в такой системе может быть нейтронная звезда или, возможно, черная дыра.

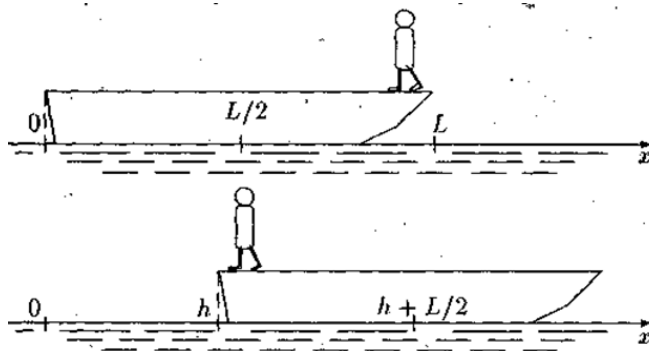
Объяснение учителя

Теорема о центре масс: центр масс тела может изменить свое положение только под действием внешних сил.

Следствие теоремы о центре масс: центр масс замкнутой системы тел остается неподвижным при любых взаимодействиях тел системы.

Решение задачи (у доски)

ЗАДАЧА 2. Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние h сдвинется лодка, если масса человека $m=60\text{кг}$, масса лодки $M=120\text{кг}$, длина лодки $L=3\text{м}$? Сопротивлением воды пренебречь.



Решение. Воспользуемся условием задачи, что начальная скорость центра масс равна нулю (лодка и человек вначале покоились) и сопротивление воды отсутствует (никакие внешние силы в горизонтальном направлении на систему «человек-лодка» не действуют). Следовательно, координата центра масс системы в горизонтальном направлении не изменилась. На рис.3 изображено начальное и конечное положение лодки и человека. Начальная координата x_0 центра масс $x_0 = (mL + ML/2)/(m + M)$

Конечная координата x центра масс $x = (mh + M(h + L/2))/(m + M)$

Приравнивая $x_0 = x$, находим $h = mL/(m + M) = 1\text{м}$

Дополнительно: сборник задач Степановой Г.Н. №393

Объяснение учителя

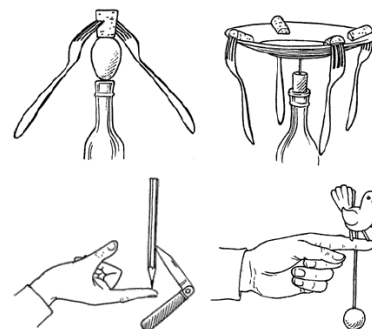
Вспоминая условия равновесия, мы выяснили, что для тел, имеющих площадь опоры, устойчивое равновесие наблюдается в том случае, когда линия действия силы тяжести проходит через основание.

Следствие: чем больше площадь опоры и ниже центр тяжести, тем устойчивее положение равновесия.

Демонстрация

Поставьте детскую игрушку неваляшку (Ваньку - Встаньку) на шероховатую доску и приподнимите правый край доски. В какую сторону отклонится «голова» игрушки при сохранении ее равновесия?

Объяснение: Центр тяжести C неваляшки находится ниже геометрического центра O шарообразной поверхности «туловища». В положении равновесия точка C и точка касания A игрушки с наклонной плоскостью должны находиться на одной вертикали; следовательно «голова» неваляшки отклонится влево.



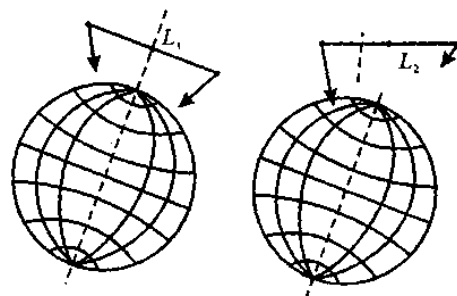
Как объяснить сохранение равновесия в случае, показанном на рисунке? Объясните другие случаи.

Объяснение: Центр тяжести системы карандаш - нож лежит ниже точки опоры.

IV. Закрепление. Фронтальный опрос

Вопросы и задачи

1. При перемещении тела с экватора на полюс действующая на него сила тяжести меняется. Отражается ли это на положении центра тяжести тела?



Ответ: нет, т.к. относительные изменения силы тяжести всех элементов тела одинаковы.

3. Можно ли найти центр тяжести «гантели», состоящей из двух массивных шариков, соединенных невесомым стержнем, при условии, что длина «гантели» сравнима с диаметром Земли?

Ответ: нет. Условие существования центра тяжести - однородность поля тяготения. В неоднородном гравитационном поле повороты «гантели» вокруг ее центра масс приводят к тому, что линии действия L_1 и L_2 , равнодействующих сил тяжести, приложенных к шарикам, не имеют общей точки

3. Почему при резком торможении автомобиля его передняя часть опускается?

Ответ: при торможении на колеса со стороны дороги действует сила трения, создающая вращающий момент вокруг центра масс автомобиля.

4. Где находится центр тяжести бублика?

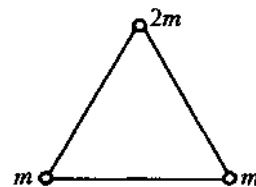
Ответ: в дырке!

5. В цилиндрический стакан понемногу наливают воду. Как будет изменяться положение центра тяжести системы стакан - вода?

Ответ: Центр тяжести системы сначала будет понижаться, а потом - повышаться.

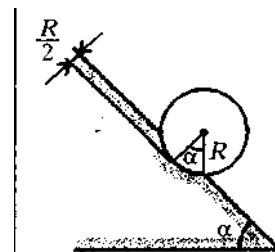
V. Домашнее задание: (выполняется желающими - задачи трудные, решившие их получают "5").

*1. Найдите центр тяжести системы шаров, находящихся в вершинах равностороннего невесомого треугольника, изображенного на рисунке



Ответ: центр тяжести лежит на середине биссектрисы угла, в вершине которого находится шар массой $2m$

*2. Глубина лунки в доске, в которую вставлен шар, в два раза меньше радиуса шара. При каком угле наклона доски к горизонту шар выскочит из лунки?



Ответ: при $\alpha = \pi / 3$

Приложение 3

Тест по теме «Вращательное движение твердого тела»

Вариант 1.

1. Момент инерции материальной точки относительно неподвижной оси вращения – это:

1. векторная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на квадрат расстояния до оси или центра вращения;

2. скалярная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на квадрат расстояния до оси или центра вращения;

3. скалярная физическая величина, равная произведению массы материальной точки на расстояние до оси или центра вращения;

4. среди приведенных ответов нет правильного.

2. Два небольших тела массой 20 г каждое скреплены легким стержнем длиной 20 см. Чему приблизительно равен момент инерции такой системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину?

1. $6,7 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

2. $2 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

3. $\cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

4. $6,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

3. Укажите взаимное расположение векторов момента силы и углового ускорения.

1. всегда направлены с разные стороны;

2. всегда сонаправлены;

3. всегда перпендикулярны друг другу;

4. среди ответов нет правильного;

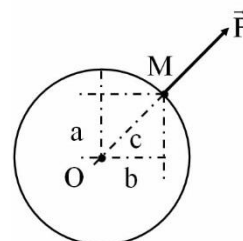
4. К точке М, лежащей на внешней поверхности диска, приложена сила \vec{F} . Если ось вращения проходит через центр О диска перпендикулярно плоскости рисунка, то момент силы \vec{F} численно равен...

1. $F \cdot a$;

2. $F \cdot b$;

3. $F \cdot c$;

4. 0.



5. Как изменится момент импульса свободно вращающегося тела при уменьшении момента инерции в два раза (при неизменной угловой скорости)?

1. Не изменится;
2. Уменьшится в 2 раза;
3. Увеличится в 4 раза;
4. Уменьшится в 4 раза;

6. Материальная точка массой 1 г, находящаяся на расстоянии 5 см от неподвижной оси, вращается вокруг нее с линейной скоростью 100 см/с.

Момент импульса точки, выраженный в единицах системы СИ равен:

1. $2 \cdot 10^{-5} \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-1}$;
2. $5 \cdot 10^{-5} \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-1}$;
3. $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-1}$;
4. $5 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-1}$.

Вариант 2.

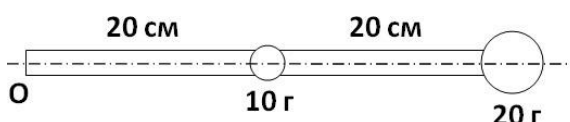
1. Известно, что диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы.

Каково соотношение их моментов инерции относительно оси симметрии?

1. момент инерции диска больше;
2. момент инерции диска меньше;
3. моменты инерции равны друг другу;
4. понятие момента инерции неприменимо к данным объектам.

2. Два небольших шарика массами 10 г и 20 г закреплены с помощью легкого стержня длиной 40 см, как показано на рисунке. Определите момент инерции такой системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку O.

1. $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
2. $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
3. $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
4. $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$



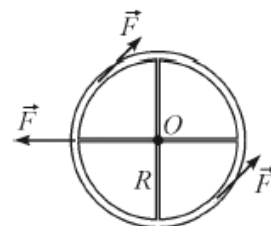
3. Выберите верное утверждение. Направление вектора момента силы...

1. не совпадает с направлением вектора углового ускорения;

2. совпадает с направлением вектора углового ускорения;
3. противоположно направлению вектора углового ускорения;
4. перпендикулярно направлению вектора углового ускорения.

4. Чему равен суммарный момент сил, приложенных к колесу, изображенному на рисунке, относительно оси, проходящей через центр колеса перпендикулярно плоскости рисунка?

1. 0
2. FR
3. $2FR$
4. $3FR$



5. Момент импульса L материальной точки или тела определяется по формуле:

1. $L = (r p)$;
2. $L = [r p]$;
3. $L = Fp$;
4. $L = I \omega$.

6. В замкнутой системе в начальный момент времени момент импульса равен $10 \text{ кгм}^2\text{с}^{-1}$. Момент импульса этой системы через 30 с равен

1. $0,33 \text{ кгм}^2\text{с}^{-1}$
2. $10 \text{ кгм}^2\text{с}^{-1}$
3. 0
4. $300 \text{ кгм}^2\text{с}^{-1}$