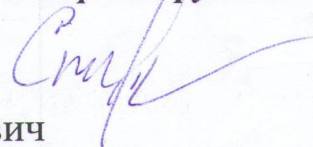


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи



СТОРЧИЛОВ Павел Александрович

**РЕАЛИЗАЦИЯ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ
ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ НА ОСНОВЕ
ЦИКЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
УЧЕБНОГО КУРСА**

**13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания
(физика)**

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
канд. пед. наук**

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
член-корреспондент РАО,
доктор педагогических наук, профессор
Данильчук Валерий Иванович
кандидат физико-математических наук,
доцент
Попов Константин Алексеевич

Волгоград – 2015

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Теоретические основы внутрипредметных связей	14
1.1. Гуманитарные основы и классификация внутрипредметных связей школьного курса физики	15
1.2. Модель содержания курса, отражающая систему внутрипредметных связей	61
Выводы по первой главе.....	83
Глава 2. Практические аспекты реализации внутрипредметных связей в школьном курсе физики	85
2.1. Реализация внутрипредметных связей школьного курса физики ..	86
2.2. Диагностика реализации внутрипредметных связей и педагогический эксперимент	130
Выводы по второй главе.....	152
Заключение.....	154
Список используемой и цитируемой литературы.....	159
Приложения.....	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Изменения, происходящие в современном обществе, ставят новые задачи перед образованием, которое в последнее время переживает глубокие структурные и содержательные трансформации. Прежде всего, акцент переносится на самостоятельную работу ученика, его активную позицию в процессе овладения знаниями и возможность применять их в повседневной жизни и в смежных областях. В период становления информационного общества и повсеместного распространения информационных технологий все большее значение приобретают умения структурировать и классифицировать полученные знания, включать их в разнообразные связи, укрепляя целостность самой системы знаний. Эти умения играют особую роль в школьном физическом образовании.

Физика, являясь одним из важнейших школьных учебных предметов, содержит большое число определений, правил, законов, теорий и описаний их применения в процессе решения задач. Все эти элементы знаний должны состоять друг с другом в определенной связи, отражающей внутреннюю логику предмета. Совершенно очевидно, что и курс школьной физики должен в полной мере отражать внутрипредметные связи, поскольку он, с одной стороны, имеет ступенчатую структуру, с другой стороны, строится в порядке усложнения форм движения материи, когда в последующих темах и разделах курса используются понятия и законы, изученные в предыдущих разделах. Именно внутрипредметные связи составляют своеобразный скелет учебного предмета. Преемственность элементов знаний осуществляется за счет внутрипредметных связей. Без них физика попросту превратилась бы в набор разрозненных фактов, понятий, законов. В процессе обучения уже с первых шагов стихийно формируются внутрипредметные связи, поэтому востребована целенаправленная реализация системы внутрипредметных связей при обучении физике.

В методической науке больше внимания традиционно отводилось исследованиям проблем межпредметных связей при обучении физике, в то время как внутрипредметные связи физики в рамках школьного курса не нашли достаточно широкого освещения. Таким образом, исследования внутрипредметных связей до сих пор находятся в тени обширного поля проблем межпредметных связей. Исследователь внутрипредметных связей школьного курса математики В.А. Далингер отмечает: «Наиболее важной стороной внутрипредметных связей в процессе преподавания основ науки в школе является возможность рассматривать их как средство повышения эффективности учебного процесса. Этим и определяется особая актуальность задачи выявления внутрипредметных связей, путей и средств их реализации, влияния этих связей на формирование знаний, умений и навыков учащихся, в конечном счете, определения их влияния на характер обученности» [46].

Реализация внутрипредметных связей школьного курса физики становится особенно актуальной при обучении учащихся 10–11-х классов. Это связано с тем, что учебный материал, повторяя ранее изученный, расширяет его и усложняет. Усложнение касается как математического аппарата, используемого для описания явлений, так и содержания знаний.

В ходе констатирующего эксперимента (2009–2011 гг.) на базе общеобразовательных школ г. Волгограда (МОУ СОШ № 1, 95, 34, 76, 91) нами был выявлен ряд проблем с умением учащихся использовать внутрипредметные связи. Выражается это в недостатке понимания значимости отдельных понятий и явлений для всего курса в целом. В частности, многие учащиеся 10–11-х классов полагают, что ключевыми понятиями, необходимыми для решения задач по теме «Механические колебания», являются частота (выделили 46,5% учащихся), период (38,5%), амплитуда (33,5%), а не энергия (15,6%), сила (17,2%) или уравнение гармонических колебаний (15%). Между тем среди ключевых понятий курса физики учащиеся выделяют законы Ньютона (62,8%) и закон сохранения энергии (78,4%). Таким образом, можно отметить отсутствие понимания важности понятий и

связей, проходящих через весь школьный курс физики, в сравнении с понятиями, в большей степени ограниченными разделом «Механические колебания». Это позволило сделать вывод о том, что существующая система обучения физике в школе характеризуется слабой разработанностью методики реализации внутрипредметных связей.

В то же время анализ исследований в современной педагогической науке показывает, что сложились определенные *теоретические предпосылки* для разработки методики реализации внутрипредметных связей при обучении физике в общеобразовательной школе. В исследованиях Т.Н. Гнитецкой, В.А. Далингера, Э.М. Турчина, В.М. Монахова, В.Ю. Гуревича определено понятие внутрипредметной связи, а также рассмотрены особенности внутрипредметных связей школьных учебных предметов (А.А. Аксенов, С.А. Зинин, Р.Ю. Костюченко, В.А. Далингер), методические основы реализации внутрипредметных связей (А.А. Аксенов, В.А. Далингер, У.М. Махсудова); разработана методика реализации внутрипредметных связей физики в средних специальных (Л.В. Дубовая) и высших (Т.Н. Гнитецкая) учебных заведениях; рассмотрено проблемное обучение физике учащихся основной школы с использованием внутрипредметных связей (Е.Н. Долгих). Но до сих пор остаются актуальными проблемы, связанные с пониманием природы внутрипредметных связей, их трактовкой, классификацией и, как следствие, методикой реализации на практике.

Наряду с теоретическими сформировались и практические предпосылки, связанные с реализацией федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) второго поколения. Так, среди целей обучения физике ФГОС обозначает следующие:

- понимание учащимися смысла основных научных понятий и законов физики, взаимосвязи между ними;
- формирование у учащихся представлений о физической картине мира.

Соответственно, можно сказать, что стандарты предполагают совершенствование методических средств, направленных на развитие

мировоззрения учащихся и системы связей между понятиями и законами физики. Таким образом, актуальность нашего исследования обусловлена следующими *противоречиями* между:

- востребованностью современным обществом личности, способной самостоятельно структурировать и классифицировать знания, включать их в разнообразные связи, формируя фундаментальность получаемых знаний, и недостаточной разработанностью в современном школьном физическом образовании методов, позволяющих в достаточной мере реализовать эти цели;
- имеющимся потенциалом реализации внутрипредметных связей и отсутствием разработанной методики их реализации в школьном курсе физики.

На основании указанных противоречий была выделена **проблема** исследования, заключающаяся в недостаточности разработки методики реализации внутрипредметных связей школьного курса физики, что и определило тему исследования: «**Реализация внутрипредметных связей при обучении физике в школе на основе циклической модели построения содержания учебного курса**».

Объектом исследования является процесс обучения физике учащихся общеобразовательной школы.

Предмет исследования – реализация внутрипредметных связей при обучении физике в общеобразовательной школе.

Цель исследования – научно обосновать и разработать методику реализации внутрипредметных связей школьного курса физики на основе циклической модели построения содержания учебного курса.

Гипотеза исследования: реализация внутрипредметных связей сделает процесс обучения физике учащихся общеобразовательной школы более эффективным, если:

- обучение физике будет опираться на основные типы внутрипредметных связей и учитывать их функциональную нагрузку;

- содержание курса физики будет построено в соответствии с моделью, учитывающей специфику реализации внутрипредметных связей;
- в процессе обучения физике будут целенаправленно реализованы внутрипредметные связи.

Для достижения цели исследования и проверки выдвинутой гипотезы решались следующие **задачи**:

- 1) определить сущность, уточнить типологию и выявить функциональную нагрузку внутрипредметных связей;
- 2) построить модель содержания учебного курса, отражающую систему внутрипредметных связей школьного курса физики;
- 3) разработать компоненты методики обучения физике, направленные на эффективную реализацию внутрипредметных связей на уроках физики в школе;
- 4) разработать систему диагностики умения учащихся использовать внутрипредметные связи.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

- концепция деятельностного подхода (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, Д.Б. Эльконин);
- теория обучения в условиях гуманитаризации образования (В.И. Данильчук, Г.И. Саранцев);
- методики обучения физике в школе (С.Е. Каменецкий, Е.Н. Горячкин, А.И. Бугаев, В.Г. Разумовский, В.Ф. Шилов, В.А. Орлов, Г.Г. Никифоров, А.В. Усова, Н.С. Пурышева, Г.П. Стефанова, Н.Е. Важеевская, Л.А. Прояненко);
- исследования межпредметных связей (Т.Г. Рамзаева, В.М. Монахов, В.Ю. Гуревич, Е.А. Карпухина, А.А. Лобжанидзе, М. Нассер, Ф.Б. Окольников, С.А. Гашенко, Д.Н. Климова, Н.О. Шелехова, И.М. Василькова, Т.Н. Гнитецкая, В.Н. Максимова);
- психологические основы внутрипредметных и межпредметных связей (Ю.А. Самарин, В.С. Елагина, Г.Ф. Федорец);

- исследования в области теории внутрипредметных связей (А.А. Аксенов, Т.Н. Гнитецкая, А.И. Гурьев, Л.В. Дубовая, С.А. Зинин, Р.Ю. Костюченко, У.М. Масхудова, В.М. Монахов, В.Ю. Гуревич, В.А. Далингер, В.Д. Селютин, Г.А. Бавтуто, Н.И. Резник, О.И. Бахтина, О.А. Яворук, В.А. Богус, Т.Г. Рамзаева, М.В. Черепанов, А.А. Абасзаде, С.Б. Нарзыкулова);
- исследования процесса реализации внутрипредметных связей (А.А. Аксенов, В.А. Далингер, Р.Ю. Костюченко).

Для решения поставленных задач нами были использованы следующие **методы исследования:**

- *теоретические* – теоретико-методологический анализ психолого-педагогической и методической литературы, нормативной и программно-методической документации по проблеме исследования, изучение государственных образовательных стандартов, системный анализ, абстрагирование, обобщение, прогнозирование, проектирование, моделирование;
- *эмпирические* – психолого-педагогическая диагностика (наблюдение, интервьюирование, беседа, анкетирование, консультации с преподавателями, экспертная оценка, анализ продуктов учебной деятельности, педагогический эксперимент);
- *статистические* – статистическая и математическая обработка результатов опытно-экспериментальной работы, их количественный и качественный анализ.

Эмпирическая база исследования: МОУ СОШ № 34, 76, 91, 95 г. Волгограда.

Исследование проводилось в 2008–2014 гг. и включало в себя **три этапа.**

На первом этапе (2009–2011 гг.) на основе изучения и критического анализа отечественной и зарубежной научной литературы по проблемам внутрипредметных связей, опыта их реализации и формирования выявлялись основные подходы к реализации внутрипредметных связей. На этом этапе был

разработан план исследования, определена эмпирическая база, организована опытная работа по проверке эффективности разработанной методики. Поисковая работа велась на базе общеобразовательных учебных заведений. Частично результаты разработки теоретических основ внутрипредметных связей и отдельные элементы их реализации обобщены и представлены в соответствующих публикациях автора. На данном этапе была разработана модель содержания курса, позволяющая реализовать внутрипредметные связи.

Второй этап (2011–2012 гг.) – на основе изученной литературы, экспериментальной проверки отдельных положений гипотезы обоснована система условий, в соответствии с которыми организуется процесс реализации внутрипредметных связей. На данном этапе уточнялись пути реализации внутрипредметных связей в соответствии с разработанной моделью содержания курса, отрабатывались теоретические основы и методика реализации внутрипредметных связей.

Третий этап (2012–2014 гг.) был посвящен оформлению и апробации результатов исследования. В это время под руководством автора проводилась экспериментальная проверка курса, который основан на теоретической модели, реализующей теоретико-методологические подходы, разработанные в исследовании. Результаты и выводы исследования апробировались на международных конференциях и представлены в публикациях.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Внутрипредметные связи – это связи между знаниями, объективно существующие в науке, нашедшие свое отражение в системе знаний соответствующей учебной дисциплины (в частности, в школьном курсе физики) и устанавливаемые (реализуемые) в учебном процессе.

2. Содержание учебного курса, учитывающего процесс целенаправленной реализации внутрипредметных связей, строится в соответствии с циклической моделью, включающей следующие циклы: цикл явлений (обзор реальных объектов и явлений, послуживших базой для

научного исследования методами изучаемой дисциплины); цикл графических моделей (построение и изучение свойств графических моделей рассмотренных в предшествующем цикле объектов и явлений); цикл математических моделей (построение и исследование свойств математических моделей изучаемых явлений и объектов); цикл решения задач (создание максимально полной системы внутрипредметных связей и их актуализация путем знакомства с широким спектром задач, которые могут быть решены в рамках изученных моделей).

3. Методика реализации внутрипредметных связей школьного курса физики включает следующие компоненты:

- целевой – приобретение учащимися представлений о внутрипредметных связях;
- содержательный – содержание обучения физике должно быть изменено в соответствии с представленной моделью;
- процессуальный – процесс реализации внутрипредметных связей должен проходить несколько стадий: накопление и анализ фактов и физических явлений; установление связей между ними; образование физических понятий на основе связей; установление связей между группами понятий; выделение физических законов на основе полученных связей; анализ связей между законами физики; построение теорий на базе связей между физическими законами; образование основных и системообразующих связей в процессе решения задач; анализ основных и системообразующих связей; образование системы знаний учебного предмета.

4. Основу диагностики составляет процесс решения учащимися задач по физике. Поэтапное отслеживание хода решения задачи показывает, насколько ученик интериоризовал внутрипредметные связи и использует их, что позволяет судить об эффективности обучения физике.

Научная новизна состоит в уточнении определения внутрипредметной связи применительно к школьному курсу физики; в выделении основных типов внутрипредметных связей, реализуемых в школьном курсе физики; также

разработаны и обоснованы модель содержания курса и методика реализации внутрипредметных связей при обучении физике на основе предложенной модели; разработана система диагностики формирования внутрипредметных связей у учащихся. В отличие от предыдущих исследований в области реализации внутрипредметных связей курсов физики (обучение физике в школе, в средних специальных заведениях и вузе), предложена собственная модель содержания, не опирающаяся на представление системы внутрипредметных связей в виде графа, а состоящая в реализации внутрипредметных связей на разных циклах обучения при движении от рассмотрения реальных физических процессов и явлений через их модели к решению задач.

Теоретическая значимость результатов исследования обусловлена расширением и систематизацией представлений о внутрипредметных связях школьного курса физики, что является вкладом в развитие методики обучения физике, в обоснование научных основ процесса реализации и формирования внутрипредметных связей; уточнены теоретические основы построения системы внутрипредметных связей, разработана модель содержания курса, реализующая внутрипредметные связи при обучении физике. Результаты работы и полученные выводы являются вкладом в решение актуальных задач физического образования, в развитие современной теории и методики обучения и воспитания (физика, уровень среднего (полного) общего образования). Положения диссертации могут служить теоретической основой для дальнейших исследований в области внутрипредметных связей школьного курса физики и повышения качества обучения физике в общеобразовательных школах.

Практическая ценность исследования заключается в разработке программы элективного курса «Механические колебания», который построен на базе предложенной теоретической модели и опробован в ходе педагогического эксперимента. Разработанная методика целенаправленной реализации внутрипредметных связей может служить основой современной образовательной практики. Разработанные и апробированные в ходе

исследования подходы к организации процесса обучения физике учащихся старших классов обеспечивают качественно новый образовательный эффект, имеющий практическую ценность в ходе решения проблем, связанных с внутрипредметными связями.

Достоверность и обоснованность представленных результатов обусловлены: методологической обоснованностью исходных теоретических положений; комплексным подходом к разработке теоретических основ построения дидактической системы внутрипредметных связей (теоретические и положения таких наук, как педагогика, психология, методика преподавания естественных наук); целостным подходом к решению поставленной проблемы; соответствием полученных результатов исследования основным концепциям современного образования; согласованностью теоретических положений исследования с результатами опытно-экспериментальной работы; соответствием используемых методов целям, задачам и предмету исследования; организацией опытно-экспериментальной работы в различных учреждениях общего образования и повторяемостью ее основных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в обосновании значимости исследования; анализе теоретических источников по проблеме исследования, разработке педагогической модели содержания образования, реализующей внутрипредметные связи; в обосновании и реализации диагностики сформированности внутрипредметных связей; личном участии (в качестве преподавателя, экспериментатора) во всех этапах исследования; в проведении качественного и количественного анализа экспериментальных данных; в обработке и описании результатов исследования; в анализе и обсуждении перспектив исследования; в оформлении результатов исследования в виде восемнадцати научных работ, пять из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, написании диссертации и автореферата.

Апробация результатов исследования осуществлялась через:

- участие в Международной конференции «Современное образование: состояние и перспективы» (Ульяновск, 2010), IV Международной научно-практической интернет-конференции «Перспектива» (Красноярск, 2010), VI Международной научно-практической интернет-конференции «Перспектива» (Красноярск, 2011), IV Международной научно-практической конференции «Новые педагогические технологии» (Москва, 2011), Науково-практичної конференції: «Педагогіка та психологія: традиції та інновації» (Харьков, Украина, 2012), XIX Международной научно-практической конференции «Усовские чтения. Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов» (Челябинск, 2012), Международной научной конференции «Перспективы развития науки» (Гданьск, Польша, 2012), VII Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития современной физики и методика ее преподавания в вузе и школе» (Борисоглебск, 2012), международных научных конференциях «Перспективы развития науки» (Ополе, Польша, 2013), «Nauka dziś: teoria, metodologia, praktyka, problematyka» (Краков, Польша, 2014) и Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Естественно-научное образование в современном мире» (Мурманск, 2012);

- обсуждение на семинарах кафедры теории и методики обучения физике и информатике ВГСПУ;

- публикацию материалов исследования в различных научных и научно-методических изданиях (всего опубликовано 18 работ, в том числе 5 статей – в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ).

Внедрение результатов исследования осуществлялось через реализацию опытно-экспериментального обучения в МОУ СОШ № 95, 34, 76, 91 г. Волгограда.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы (184 наименования), 2 приложений. Текст диссертации содержит 3 таблицы, 12 схем и 10 рисунков.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ

В первой главе исследуются **теоретические основы внутрипредметных связей**. Для этого, на основе теоретического анализа педагогической, психологической и методической литературы определим развитие термина «внутрипредметные связи» в отечественной и зарубежной литературе, сущностные характеристики внутрипредметных связей, их функции в учебной деятельности и развитие личности школьника. Выявлены основные виды внутрипредметных связей, реализуемых в старших классах на уроках физики.

Если мы хотим иметь полное представление о том или ином объекте, то следует рассмотреть его со всех сторон, во всех его проявлениях, поэтому в основе исследования методики реализации внутрипредметных связей лежит необходимость понимания феномена внутрипредметных связей и его природы.

1.1. ГУМАНИТАРНЫЕ ОСНОВЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

Во все времена важнейшей и неизменной задачей школы была необходимость дать глубокие и прочные знания, выработать навыки, позволяющие применять их на практике, и сформировать научное мировоззрение. Обществу, в котором происходят значительные социально-экономические изменения, нужен грамотный индивид.

До настоящего времени содержание школьного образования главным образом ориентируется на усвоение знаний, умений и навыков, а не на развитие личности, хотя эта цель и является одной из ведущих. Это объясняется присутствием традиционного информационно-объяснительного подхода в учебных курсах, где большая часть знаний дается в готовом виде, без опоры на самостоятельную работу ученика. Но при этом не стоит недооценивать данный метод, поскольку без усвоенных знаний и сформированных навыков и умений эффективное обучение построить невозможно. Возможность повышения эффективности обучения состоит не в расширении школьного материала, а в некоторых внутренних резервах. В совершенствовании структуры учебных курсов важную роль играет преемственность, установление связей между различными частями, блоками учебного курса. Другими словами, реализацию внутрипредметных связей имеет смысл считать одним из важнейших направлений методического совершенствования обучения в школе.

Такая смычка между преемственностью и внутрипредметными связями не случайна. Реализация внутрипредметных связей обеспечивает определенную преемственность между различными знаниями. В.А. Петров определял внутрипредметные связи как «проявление преемственности в развитии научных знаний в учебном процессе (условие развития обучения)» [117].

Это определение, в первую очередь, тесно связывает понятия внутрипредметной связи и преемственности в обучении (преемственности в знаниях). Педагогическая энциклопедия дает нам следующее определение преемственности в обучении – «преемственность состоит в установлении необходимой связи и правильном соотношении между частями учебного предмета на разных ступенях его изучения» [133].

Стоит отметить, что принцип преемственности в современной педагогике рассматривается как необходимый компонент обучения.

Преемственность в расположении материала и в выборе способов деятельности по овладению этим предметом осуществляется с учетом двух факторов: содержания и логики соответствующей науки и закономерностей процесса усвоения знаний. Содержание предмета является определяющим для преемственности в построении учебного предмета: понятия, законы и факты, составляющие основное содержание учебного предмета, располагаются в последовательности, обеспечивающей постепенное развертывание содержания изучаемой науки, причем последующее органически связано с предыдущим. Закономерности процесса обучения не позволяют организовать преемственность простым переносом содержания определенной научной области на учебный предмет, требуя дидактической переработки этого содержания. В рамках концентрического расположения материала некоторые понятия и явления изучаются в течение нескольких лет (изучение школьного курса физики как раз представляет собой концентрическую систему). Преемственность в их изучении состоит в последующем уточнении и расширении системы понятий.

Преемственность объективно существует и должна соблюдаться между частями и разделами учебного предмета. Так в процессе изучения колебаний используются знания и приемы мышления, сформированные во время освоения предшествующих разделов механики, что во многом способствует активному усвоению нового материала, так как он не является «чужим» для

учеников, а лишь некоторым продолжением и дополнением уже известных знаний ученика.

Последовательное обеспечение преемственности в изучении материала придает ей перспективный характер, при котором отдельные темы рассматриваются не изолированно друг от друга, а в такой взаимосвязи, которая позволяет строить изучение каждой текущей темы не только с опорой на прошедший материал, но и с широкой ориентацией на последующие темы.

В контексте рассмотрения понятия преемственности внутрипредметные связи являются скорее не проявлением, а своеобразным механизмом осуществления самой преемственности. Хотя и это не совсем точно, преемственность знаний между несколькими предметами осуществляется уже за счет межпредметных связей. Как мы увидим ниже, одинаковую природу внутрипредметные и межпредметные связи обретают и в рамках психологической теории связей.

Другими словами, осуществление преемственности невозможно без последовательной реализации внутрипредметных связей.

Проведя анализ исследований и литературы по данной теме, мы выявили, что внутрипредметные связи различными авторами определяются по-разному.

В.М. Монахов и В.Ю. Гуревич [102] понимают под внутрипредметными связями множество пар (A_i, A_k) где A_i и A_k - элементы знания (части учебного предмета), i, k - их номера, и первый компонент пары используется при изучении второго компонента.

А.В. Усова [158]: «Условие, обеспечивающее последовательное отражение содержания предметов».

Н.И. Резник [132]: «Выделение пространственных, временных, энергетических и информационных характеристик содержания учебных дисциплин».

П.И. Образцов [113]: «Содержательные, смысловые связи между темами учебной дисциплины».

Р.Ю. Костюченко [78]: «Всевозможное отношение взаимной зависимости, обусловленности, общности между объектами одного учебного предмета».

Ш.А. Бакмаев [15]: "Если элемент знаний А необходим для изучения элемента В, то говорят, что между этими элементами существует связь, которую обозначают $A \rightarrow B$. Если А и В изучаются в рамках одного предмета, то эта связь внутрипредметная».

Л.В. Дубовая в своей работе «Информационная модель внутрипредметных связей» [51] определяет внутрипредметную связь как конструкцию учебного процесса, которая связывает элементы структуры внутрипредметного содержания образования и состоит из:

- объекта связи – любого элемента знаний, навыков и умений, принадлежащих рассматриваемому предмету, и используемого, по крайней мере, в двух элементах его структуры;
- канала связи – одного или нескольких элементов образовательной технологии, адекватной предмету, внутри которого устанавливается связь.

Внутрипредметная связь, следуя сказанному выше, может быть представлена в виде следующей схемы (схема №1):



Схема №1

Направление внутрипредметной связи определяется последовательностью изучения предмета и задается направлением передачи учебной информации – от элемента структуры, где объект связи появляется впервые, к элементу структуры, с которым устанавливается связь.

Переложив классификацию Н.С. Антонова [8], мы можем выделить два вида связей: односторонние и двусторонние. В контексте этого, в определении и схеме внутрипредметных связей от Л.В. Дубовой можно отметить, что в ней абсолютно не учитывается возможность обратного направления связи. Такие связи характерны для концентрических программ обучения, как раз таких, какие используются при обучении физики в средней школе. Одностороннее направление связи не существует или крайне редкое. Фактически можно всегда развернуть направление связи. Поэтому схема требует следующей корректировки (схема №2).



Схема №2

Если подходить с формальной точки зрения, ни один из данных подходов не решает полностью проблемы определения понятия внутрипредметных связей, но каждый из них точно описывает какую-то часть свойств или проявлений внутрипредметных связей. По сути, нам необходимо рассматривать все эти определения не по отдельности, а в совокупности, именно в таком случае описание будет наиболее полным. Причина этого кроется, конечно же, в многофункциональном характере самих внутрипредметных связей.

Т.Н. Гнитецкая дает следующее определение: «Внутрипредметными связями мы будем называть связи, устанавливаемые между элементами структуры курса общей физики через принципы, модели, теории, законы и понятия» [34].

В качестве еще одного серьезного недостатка всех определений внутрипредметной связи можно отнести тот момент, что в них совершенно не учитывается деятельность учителя.

После анализа достоинств и недостатков приведенных определений, было выдвинуто следующее определение внутрипредметных связей.

Под *внутрипредметными связями* мы будем понимать связи между знаниями, объективно существующие в науке, нашедшие свое отражение в системе знаний соответствующей учебной дисциплины (в частности, в школьном курсе физики) и устанавливаемые (реализуемые) в учебном процессе посредством использования соответствующей методики обучения.

Необходимость реализации внутрипредметных связей заложена уже в их свойствах и природе. Под *реализацией внутрипредметных связей* мы будем далее понимать использование таких связей в планировании, организации и анализе практики обучения, обеспечивающих формирование у учащихся системности знаний по учебному предмету в единстве с действиями, которые они вызывают.

Особую ценность реализация внутрипредметных связей приобретает в старшей школе. Входя в пору жизненного самоопределения, выбора дальнейшей сферы обучения, многие ученики в старшей школе уже определились с дальнейшей профессией, поэтому у обучения появляется конкретный смысл, связанный с поступлением на следующий этап образования. Это приводит к появлению новых мотивов в обучении, отсутствовавших в средней школе. В первую очередь стоит отметить процессы самосовершенствования, связанные с желанием повысить уровень знаний для успешной сдачи экзаменов, и как результат - поступление в ВУЗ.

Определенный интерес к внутрипредметным связям появляется в свете процесса гуманитаризации отечественного образования, анонсированного в конце 80-х годов прошлого века и получившего бурное развитие в следующем десятилетии.

Очень емко основные подходы к гуманитаризации естественно-математического образования суммированы в работах Данильчука В.И. [49] и Саранцева Г.И. [141]. Опираясь на характеристику подходов к гуманитаризации, приведенных в указанных работах, мы рассмотрим варианты учебной деятельности, перспективные для реализации внутрипредметных связей в русле данного процесса.

Следует отметить, что в отечественной литературе зачастую данная проблема рассматривалась неразрывно с вопросами реализации межпредметных связей в рамках этого же процесса [13, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 42, 57-61, 69, 72, 74, 75, 80-82, 95, 98, 101, 104, 105, 108-110, 135-136, 142-143, 148, 150, 154, 156, 164]. Еще два десятилетия назад В.И. Данильчук указывал на тесную связь гуманитаризации и межпредметной интеграции [49]: «Тенденция гуманизации и гуманитаризации естествознания развертывается сегодня на фоне углубляющегося синтеза наук, что обретает форму восхождения от дифференциации к интеграции сфер научного познания, ... от изолированности наук к их междисциплинарности, разветвленности их взаимосвязей». А поскольку межпредметные связи, реализуемые в учебном процессе, зачастую интерпретируют как проекцию связей, существующих между науками (особенно близки данные взгляды в зарубежной школе ученых, занимающихся проблематикой разных форм интеграции в образовании и науке в целом [178, 179]), то вектор гуманитаризации должен пронизывать всю систему учебных связей, как межпредметных, так и внутрипредметных.

Таким образом, мы *a priori* можем утверждать, что связи должны хорошо вписываться в процесс гуманитаризации.

Итак, рассмотрим основные подходы к гуманитаризации, описанные в работах [49, 142].

Наименее продуктивным представляется вариант гуманитаризации образования, при котором часть учебной нагрузки передается от предметов естественнонаучного цикла гуманитарным дисциплинам. Данный вариант нередко реализуется в современной школе.

В таком случае акцент в обучении на внутриспредметных (так и межпредметных) связях позволяет частично компенсировать недостаток учебного времени за счет совместного изучения и повторения нескольких тем одного или нескольких предметов, объединенных общим предметом изучения или используемым методом.

Здесь гуманитарная функция связей состоит в формировании у школьников максимально целостной системы знаний, чего можно было бы достичь, имея в арсенале большее количество часов на изучение отдельных предметов.

Другим вариантом гуманитаризации естественнонаучного образования, активно обсуждаемым и практически используемым, является внесение элементов гуманитарных предметов, гуманитарного знания в процесс обучения точным наукам. На этот вариант у классиков методической науки взгляды существенным образом отличаются.

Так, Геннадий Иванович Саранцев в работе [141] говорит, что «некоторые исследователи предлагают даже экзотическое решение проблемы гуманитаризации образования, сводя его к наполнению уроков элементами историзма, различными воображаемыми путешествиями, стихами и т.д.» Валерий Иванович Данильчук, напротив, указывает, что «попытки гуманитаризации естественнонаучных дисциплин необходимо связаны с введением в их содержание исторического материала» [49].

Действительно, обучение физике строится в соответствии с движением от простых понятий, концепций к сложным. Но учебный курс может быть разбит на более или менее крупные этапы, в рамках которых изложение

материала удобнее выстроить, опираясь не только на логику изложения, но и придерживаясь исторического хода привнесения изучаемого материала в научную, культурную, а иной раз и политическую жизнь человечества.

Примером возможности успешной интеграции истории в школьный курс может служить серия пособий [126].

Обращение к истории предмета и параллельное освещение фрагментов общего хода исторического процесса позволяет учителю ответить на вопрос: «Почему данные знания оказались необходимы именно в этот исторический период?» Это, с одной стороны, повышает интерес школьников к учебной дисциплине, с другой – дает учителю инструмент управления пониманием учащимися актуальности получаемых ими знаний, а также инструмент формирования достаточно ярких образов, к которым могут быть привязаны, как правило, эмоционально неокрашенные знания физики.

Необходимо понимать, что методически оправданным может считаться использование только элементов одного учебного предмета в целях повышения эффективности обучению основной дисциплине, но никак не подмена одного предмета другим.

Кроме «исторического» подхода, в гуманитаризации можно выделить такие популярные подходы, как эстетический и экологический. Два данных пути, по сути, также являются интегративными, наполняющими физику вопросами этики, эстетики, гуманизма.

В работе [49] В.И. Данильчука указано, что «проявлением гуманитаризации физического образования является перенос этой проблемы (познания физических явлений) в процессуальную сферу, в область межпредметных связей физики с другими дисциплинами».

Действительно, набор знаний, которые школьник получает на протяжении всех лет учебы, по большей части остается невостребованным, и к нему прекрасно подходит характеристика «багаж знаний», то есть, знания, которые где-то сложены и спокойно дожидаются момента забывания.

В качестве демонстрации подобного «багажа знаний» приведем результаты следующего эксперимента. Десятиклассникам (класс 23 человека) в качестве одного из заданий самостоятельной работы по геометрии предлагается графически сложить два вектора (рис. 1.а).

В целом (21 человек, 91%) класс хорошо справляется с данной задачей, показав умение складывать вектора по правилу параллелограмма (рис. 1.б) и по правилу треугольника (рис. 1.в).

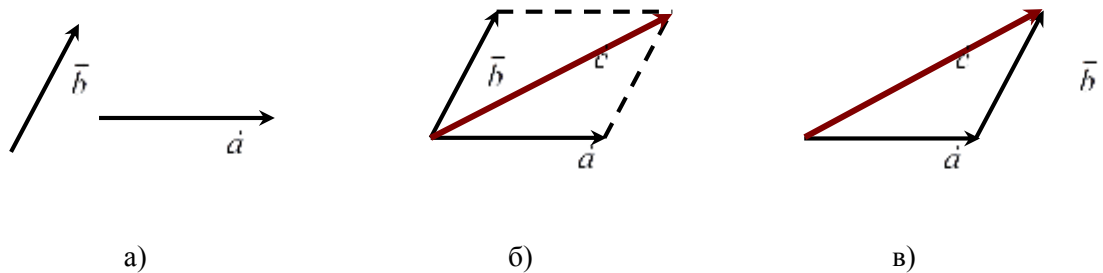


Рис. 1. Сложение двух векторов.

По прошествии месяца тому же классу предлагается самостоятельная работа по физике, в которой они должны решить задачу: определить направление результирующей силы, действующей на тело (рис. 2).

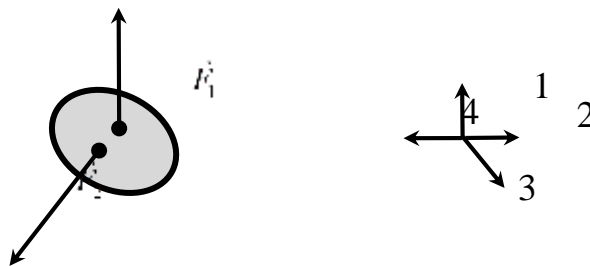


Рис. 2. Сложение двух сил.

С задачей справились 12 человек, то есть 52%. Отметим, что предложенную в той же самостоятельной работе задачу на сложение импульсов учащиеся решили еще хуже (9 человек, 39%).

Такой несложный эксперимент достаточно ярко показывает, что многие учащиеся не используют свой «багаж» математических знаний на уроках

физики, а некоторые не пользуются и внутрипредметными связями, подсказывающими возможности переноса некоторых свойств с одних объектов на другие (как трансляция свойств понятия «сила» на «импульс» в нашем примере).

Именно проблему перевода знаний на деятельностный уровень, проблему их актуализации призваны решать внутрипредметные связи. В ходе реализации внутрипредметных связей учащийся должен постоянно возобновлять теряющиеся со временем связи между элементами учебного предмета. Только в этом случае система предметных знаний сможет оставаться достаточно долгое время целостной и актуальной, то есть готовой к оперативному использованию.

Для реализации внутрипредметных связей подходят все варианты учебной деятельности, но с точки зрения гуманитаризации образования наиболее перспективными представляются виды деятельности, в которых ключевую роль играет ученик. Физика предлагает наиболее полный перечень таких занятий от решения задач до экспериментальной деятельности, от наблюдений до реализации учебно-исследовательских проектов.

Рассматривая внутрипредметные связи с различных сторон, мы вплотную подошли к реализации внутрипредметных связей. Необходимость этого процесса в школьном курсе физики объясняется следующими группами причин:

1. Спецификой строения физики как науки, заключающаяся в том, что:
 - большинство понятий органически связано между собой или определяется друг через друга;
 - существует группы законов и понятий, проходящие сквозь весь курс (понятия силы, массы, законы сохранения и т.д.);
 - существуют общие принципы решения задач для различных разделов физики;
 - существует частая необходимость использования знаний одного раздела физики для решения задач из другого. Например, при

решении задачи зачастую необходим переход к знаниям, сформированным предыдущими решенными задачами.

2. Требованиям к качеству знаний. В качестве них И.Я. Лернер [90] выдвигал полноту, глубину, систематичность, системность, оперативность, гибкость, конкретность, обобщенность, развернутость, свернутость, осознанность, прочность. Проследим, как внутрипредметные связи преломляются в отдельных качествах знаний, их роль и задачи в формировании названных качеств знания.

- Полнота. Каждый объект действительности отражается в некоторой совокупности знаний о нем, в идеальном случае весь объем связанных знаний с объектом должен быть передан ученикам. Но полнота - это понятие относительное, ведь уровень знаний постоянно растет. С другой стороны, полнота может быть обеспечена за счет построения системы внутрипредметных связей у объекта. Такой вариант позволит найти знания самостоятельно в случае необходимости. Таким образом, полнота знаний достигается не только сообщением всей имеющейся информации. Ведь кроме простого "механического" усвоения знаний еще существует необходимость их применения. Когда знания начинают применяться в новых условиях, с некоторой долей творчества, тогда образуются новые связи между объектами. "Нетрудно заметить, что полнота знаний, предполагая разные виды знаний, включает усвоение знаний не только о фактах, но и о связях между ними" [90]. Другими словами, полнота знаний невозможна без сформированной системы связей между этими знаниями, т.е. внутрипредметных связей.

- Глубина знаний. "Совокупность осознанных учащимися существенных связей между соотносимыми знаниями характеризует глубину знаний" [90]. Не заостряя внимание на разделении И.Я. Лернером связей на существенные и несущественные, отметим, что глубина знаний, по его мнению, характеризуется масштабностью системы внутрипредметных связей. Такая система внутрипредметных связей позволяет отражать сущность явлений все большего порядка сложности.

- Систематичность знаний. "Систематичность знаний характеризуется осознанием состава некоторой совокупности знаний, их иерархии и последовательности, т.е. осознанием одних знаний как базовых для других, но при определенном, заданном угле зрения на эту совокупность". Любую совокупность знаний мы можем усвоить совершенно по-разному. В первую очередь это зависит от последовательности изучения, скорости изучения и от связи с остальными элементами знания. Среди критериев, по которым судят о систематичности знаний, И.Я. Лернер приводит возможность "в самостоятельном установлении новых связей, во-первых, между усвоенными знаниями, во-вторых, между ранее усвоенными и новыми знаниями" [90]. Можно утверждать, что систематичность знаний тем больше, чем больше знаний они смогут выстроить в цепочки посредством внутрипредметных связей, пронизывающих эти знания. Так, формирование физической картины мира в конечном итоге возможно лишь при соединении в систему всех полученных физических знаний.

- Другой важной характеристикой знаний является системность, предполагающая инвариантность роли того или иного знания. "Она предусматривает осознание личностью (учеником) знаний по их месту в структуре научной теории" [90]. Системность знаний неразрывно связана с системой внутрипредметных связей, сформированных у ученика. Это возможность самостоятельно выразить одни знания через другие, происходящая за счет установленных связей между ними (или некоторой цепочкой связей и знаний между ними). Осознание определенного положения знания в системе знания возможно только при наличии связующих звеньев, которыми выступают внутрипредметные связи.

- Оперативность и гибкость знаний. В первую очередь под оперативностью имеет смысл понимать качество знаний, характеризуемое числом ситуаций, в которых оно может быть применено. В данном случае стоит разделять использование знаний способами, применяемыми в знакомых ситуациях, и творческое применение знаний, которое характеризуется

гибкостью знаний. Внутрипредметные связи при этом служат основой, благодаря которой сравниваются различные ситуации, для поиска знаний которые могли бы быть применены. Так, например, алгоритм решения задач из раздела механики задает общий принцип решения задач из других разделов. Гибкость знаний личности проявляется в готовности человека к самостоятельному нахождению способа применения знаний при изменении ситуации или различных способов в одной и той же ситуации [90]. Различия между оперативностью и гибкостью заключаются в том, что гибкость подразумевает нахождение подходящего знания или способа действия, дальнейшее его преобразование под конкретную ситуацию, тем самым создав некоторый новый способ действия. Оперативность же характеризует точное знание способов действий в типичных ситуациях и умения их реализовать. Гибкость всегда предполагает наличие оперативности. С другой стороны, наличие оперативности не предполагает наличие гибкости в знаниях. Это объясняется наличием или отсутствием сформированной системы внутрипредметных связей.

Внутрипредметные связи предстают своеобразным инструментом поиска определенных знаний, которые могли бы быть применены для решения возникшей новой ситуации.

Творческое применение знаний выражается в том, что ученик самостоятельно познает новые, ранее неизвестные ему способы действия.

- Свернутость и развернутость знаний. Свернутость и развернутость знаний состоит в способности личности, с одной стороны, выразить знания компактно, но так, чтобы оно представляло видимый результат уплотнения некоторой совокупности знаний, а с другой – раскрыть систему шагов, ведущую к сжатию, свертыванию знаний [90].

Так, решая качественную задачу, требующую лишь ответа, ученик проходит некоторую последовательность шагов для получения результата.

Например, задача по гидростатике: одинаковы ли выталкивающие силы, действующие на один и тот же деревянный брусок, плавающий сначала в воде,

а потом в керосине? Решение этой задачи будет следующим: выталкивающая сила, действующая на погруженное в жидкость тело, равна весу вытесненной им жидкости. Брусok в обеих жидкостях плавает, значит, вес вытесненной жидкости равен весу тела. Выталкивающие силы будут одинаковыми. Решая эту задачу, ученик может получить сразу ответ, за которым будет стоять цепь умозаключений. Это же решение он может развернуть в систему последовательных рассуждений. Если ученик не может развернуть уплотнённо выраженное решение (или мысль), это означает неготовность к осознанному развертыванию и свертыванию. Проще говоря, если в нашем примере ученик не знает о принципах плавания тел, решение задачи ему будет недоступно. Развертывание знаний является одним из условий осознания элементов объекта усвоения [90]. Но развертывание знания возможно только при наличии сформированных связей между этими элементами знаний.

Свернутость знаний может проявиться в том, что ученик приведет конкретный факт, смысл которого обнажает содержание и обобщенного, и конкретного знания этого ученика. Рассмотрим классическую качественную задачу по физике: «Почему при переходе через мост воинскому строю командуют идти "вольно", а не в "ногу"». Зачастую ученики отвечают: «Потому что в результате резонанса мост может обрушиться». Таким образом, они показывают в свернутом виде, что обладают знаниями о частоте, собственной частоте, явлении резонанса, условии наступления резонанса, последствиях резонанса и могут в развернутом виде привести доказательства своего ответа. Можно отметить, что ученик при этом не только обладает знаниями, но и может применить их для получения решения, другими словами, знания ученика осознанны.

- Осознанность и прочность. Осознанность знаний личностью выражается в понимании их связей и путей их получения, в умении доказывать, в понимании принципа действия связей и механизма их становления. Лернер предлагал охарактеризовать осознанность знания с помощью ряда признаков:

- понимание соподчиненности связей между знаниями;
- различения существенных и несущественных связей;
- понимание механизмов становления и проявления этих связей;
- понимание оснований этих связей;
- особенности областей и способов применения этих знаний;
- понимание доступных принципов, лежащих в основе этих способов применения.

Все перечисленные признаки, так или иначе, соотносятся с внутрипредметными связями. Данный вывод выглядит логичным, ведь если ученик обладает знаниями, каждое из которых не связано с другими знаниями, невозможно осознать сами знания в их общности.

Если смотреть упрощенно, наличие осознанности знаний зависит от наличия внутрипредметных связей.

Осознанность находится в тесной взаимосвязи с другими перечисленными качествами знаний. Некоторые качества, такие, как глубина и систематичность, влияющие на связи между знаниями, и системность – для понимания определенного места знания в целостной теории и ее взаимосвязи с остальными частями, влияют на формирование осознанности, а другие входят как ее часть. Оперативность является важным условием осознанности, а формой проявления осознанности выступает гибкость. Чем выше последняя, чем лучше усвоены ее признаки, тем больше это проявляется в успешной творческой деятельности учащихся.

Обращая внимание на формирование осознанности знания в процессе учебной деятельности, И.Я. Лернер затрагивает внутрипредметные связи: «... необходимо обращать внимание на характер связей, пользоваться схемами этих связей, раскрывать генезис объекта и знаний о нем, подчеркивать существенное в описании явления, раскрывать механизм основных процессов, доказывать, а не только иллюстрировать основные положения, связывать теорию с практикой, показывая области и способы ее практического

применения, объяснять и иллюстрировать принципы формируемых способов деятельности». Все эти требования являются отражением необходимости и способов создания системы внутрипредметных связей [90].

Устойчивая фиксация системы внутрипредметных связей и существенных знаний, способов применения знаний и возможность ввести необходимые знания, базирующуюся на других опорных знаниях, лежит в основании прочности знания.

На многие качества знания влияют внутрипредметные связи, точнее наличие системы внутрипредметных связей. Так, на оперативность знания влияет количество знаний и связей между ними, которые усвоил учащийся. Чем больше связей и знаний он усвоил, тем больше случаев, где он может применить эти знания. Системность и систематичность знаний участвуют в формировании обобщенных знаний. В таком случае, приходится обратиться к внутрипредметным связям. Чем лучше ученик осознает взаимосвязь между различными элементами знаний, тем более обобщенными знания становятся в сознании.

Суммируя вышеизложенное, можно заметить, что хотя внутрипредметные связи играют определенную роль при формировании любого из перечисленных качеств знаний, большее значение они приносят в качества, сутью которых они являются. Это системность, систематичность и глубина знаний.

В ходе обучения внутрипредметные связи выступают не только как необходимый компонент качества знаний, но и выполняют ряд функций:

- развитие логического мышления путем установки логических связей между понятиями, законами и любыми другими элементами знаний;
- формируют динамическую систему знаний;
- предупреждают и ликвидируют формализм знаний, способствуя включению большего числа элементов знаний в общую систему;
- сокращают затраты учебного времени, способствуют устранению перегрузки учащихся;

- служат средством формирования единой системы взглядов на современную научную картину того или иного учебного предмета.

Невозможно обойти своим вниманием такие процессы, как актуализация и систематизация знаний, которые напрямую связаны с реализацией внутрипредметных связей. Актуализация знаний в ходе обучения приводит к припоминанию ранее изученного материала с некоторой внешней помощью учителя. Так, решая задачи, ученик вспоминает определенный круг ранее решенных задач похожей тематики. Изучение нового материала всегда опирается на какие-то ранее изученные знания. Например, изучение основных характеристик вращательного движения имеет смысл начинать с повторения основных характеристик прямолинейного движения. Ю.Н. Кулюткин утверждает, что важнейшим условием эвристической деятельности в обучении является умение установить аналогию между решаемой задачей и старыми задачами [84].

Систематизация знаний призвана создать систему с определенными свойствами. В первую очередь это целостность, структурированность, иерархичность, взаимосвязь системы и среды. Целостность требует внутреннего единства объекта, с охватом всех свойств этого объекта. В дальнейшем мы предложим подход, позволяющий охватить множество понятий с их свойствами, предполагаемых к изучению в курсе. Подробности подобного подхода мы рассмотрим во второй главе исследования.

Структурность задает для нас необходимость наличия сети связей (как внутрипредметных, так и межпредметных) и определенных взаимных отношений между объектами системы.

Иерархичность системы знаний характеризуется наличием определенной упорядоченности, с отношениями подчинения и наличием структурности в системе связей.

Взаимосвязь среды и системы в данном случае предполагает обогащение системы за счет результатов учебной деятельности, в то время как деятельность получает определенные корректировки за счет системы.

Из природы и свойств вытекают важные свойства системы внутрипредметных связей – открытость и динамичность. Мы не разрываем эти два свойства, потому что одно без другого в данном случае сложно представить. Открытость предполагает возможность включения новых элементов за счет учебной деятельности. Это необходимое условие. Динамичность возможна только при наличии открытости и предполагает возможность изменяться при наличии новых элементов, самосовершенствуясь. Необходимость в этом свойстве вытекает уже из факта изучения физики по концентрической программе, когда второй круг обучения расширяет понимание определенных понятий, моделей, объектов и законов.

Часть исследователей внутрипредметных связей предлагает выделить среди связей 4 вида: содержательные, операционные, методические и организационные. В дальнейшем в основном мы уделим внимание содержательным и методическим внутрипредметным связям. Содержательные связи представляют собой связи, обусловленные логикой самой науки физики. Назовем такие связи логико-физическими, это в большей степени отражает суть этих связей. Такие связи – глубокие и необходимые, вытекающие из сути самого предмета, на основе чего строится изучение материала в школьном курсе физики.

Авторы учебников закладывают логико-физические связи в учебный материал. Частично там есть и методические связи, но в основном там заложены логико-физические связи, а реализация методических связей почти полностью переходит в руки учителя. Так происходит потому, что методические связи имеет смысл реализовывать только с учетом возрастных и индивидуальных особенностей учащихся. Хотя стоит отметить, что и логико-физические связи, заложенные в учебники, должны иметь возрастные особенности учащихся, но при этом материал учебников позволяет варьировать связи и со стороны учителя. Хотя далеко не все предлагаемые учебники для школы содержат логико-физические связи в полном объеме.

Говоря о методических связях, мы подразумеваем связи реализуемые посредством различных методов обучения.

Например, во время изучения пройденного пути можно показать возможность графически подсчитать пройденный путь, если дан график скорости от времени. Это является простой площадью под кривой графика. Этот способ знаком по курсу математики, в нем нет ничего сложного, и ученики уже знакомы с ним. Но в дальнейшем этот же способ можно успешно применить для расчета работы в изотермическом процессе. В некотором роде это создает внутрипредметную связь методического характера. С формальной точки зрения реализация таких связей не является необходимостью, но они способствуют постановке нового класса графических задач, позволяя осознать теоретическое и практическое взаимодействие различного рода понятий, методов действия и, самое главное, показать общность и универсальность методов решения и действия в науке.

С методическими связями связан серьезный комплекс проблем. В первую очередь это переход временной методической связи в постоянно действующую. Стремление сформировать как можно скорее необходимый навык может сопровождаться процессом формализма, при котором выпадают теоретические положения, лежащие в основе знаний. Яркий пример в школьной физике встречается сразу с усвоением алгоритма решения задач в механике. Привыкнув решать стандартные задачи с телом, покоящимся на горизонтальной поверхности, ученики буквально за пару задач формируют соотношение $F_{\text{тр}} = \mu mg$. Тогда решение задачи с наклонной поверхностью зачастую становится проблемой. Даже когда ученики запоминают соотношение для наклонной плоскости, формализм знания проявляется у некоторых из них при смене направления выбранных осей (от стандартного).

Такое свёртывание действий в ходе решения задач наступает по мере роста однотипных задач и, зачастую, не зависит от желания педагога, многие учебники не предлагают никаких оригинальных и разнообразных задач. Чем

привычнее алгоритм, тем труднее вернуться от него к исходным теоретическим положениям [8].

Приведенный выше пример показывает, что недостаточный акцент на установление методической связи во время изучения тех или иных знаний может привести к появлению формальности в знаниях.

Природа внутрипредметных связей лежит не только в области методики, но и в области психологии. Рассмотрение внутрипредметных связей можно считать неполным без рассмотрения этой стороны данного феномена, поэтому проблему реализации внутрипредметных связей есть смысл рассматривать как психолого-педагогическую. Определенные попытки работы в данном направлении можно найти у В.А. Далингера, но основной работой по сей день стоит считать исследования Ю.А. Самарина [139]. Психологами было доказано, что умственная деятельность человека носит системный характер, протекая в виде обобщений ассоциативных связей, включая их в системы ассоциативных связей более высокого уровня [128, 168]

Рассмотрение психологических истоков внутрипредметных связей мы будем проводить в контексте учения И.М. Сеченова и И.П. Павлова и ассоциативных связей. В первую очередь, это связано с более простым процессом описания и легким процессом познания. Конечно же, внутрипредметные связи можно рассматривать как ассоциативные и смысловые связи, но мы используем более упрощенный подход сразу по двум причинам.

1. Главной нашей целью является не подробное и наиболее полное описание психических процессов, связанных с внутрипредметными связями, а скорее некоторая упрощенная система, дающая нам определенные представления о природе внутрипредметных связей.

2. Существование теории, в которой все существующие связи сводимы к набору ассоциативных связей, приобретающих в группах новые качества [138].

Поэтому мы будем (так же, как В.А. Далингер [44] и Ю.А. Самарин [139]) рассматривать внутрипредметные связи как некоторый комплекс ассоциативных связей. В данном случае мы используем подход, широко применяемый в физике, когда рассматривается некоторая модель реального объекта, а не сам объект (материальная точка, математический маятник и т.д.).

Как мы уже говорили, это сделано для более прозрачного описания функционирования системы внутрипредметных связей.

Системный характер мыслительной деятельности в учениях И.М. Сеченова и И.П. Павлова обеспечивается за счет ассоциаций. В дальнейшем в ходе экспериментальной деятельности Ю.А. Самарин, опираясь на рефлекторную теорию, выделил уровни формирующейся системы знания у школьников [139]:

- уровень локальных ассоциаций;
- уровень ограниченно-системных или частно-системных ассоциаций;
- уровень внутрипредметных или внутрисистемных ассоциаций;
- уровень межпредметных или межсистемных ассоциаций.

Отметим в первую очередь, что на уровне знаний одного учебного предмета (физики, математики, химии и т.д.) наивысшая система сформированного знания представляет собой систему внутрипредметных ассоциаций. Другими словами, окончательной целью обучения (если мы берем необходимость передачи знания) является создание системы внутрипредметных ассоциаций.

Внутрипредметные ассоциации в данном случае это ассоциативные цепи и ряды, объединяющие в систему содержание какого-либо предмета. Такие внутрисистемные ассоциации позволяют обеспечить эффективность учебного процесса, обеспечивая должную динамику знаний, умений и навыков [139]. Именно на уровне внутрисистемных ассоциаций (в дальнейшем и на уровне межсистемных ассоциаций) ученик познает целостную систему знания.

Психологическая основа, создаваемая внутрипредметными ассоциациями, служит основой существования и функционирования внутрипредметных связей.

Следует отметить, что внутрипредметные связи не просто отражают отношения понятий, законов или разделов и тем учебных предметов. Именно они отвечают за формирование логической основы изучаемого курса на основе ассоциативных связей.

Структурные связи учебного курса закладываются на уровне определений понятий, используемых в учебном процессе. При этом понятие может уже иметь или еще не иметь предысторию формирования. Примером понятий с предысторией могут служить геометрические фигуры: прямоугольник, ромб и квадрат. Они начинают складываться еще в дошкольный период, когда у ребенка закладываются знания об основных формах предметов. Но на данном этапе формируется комплекс ассоциаций между предметами и их формами, а не между формами как геометрическими фигурами. В физике, таким образом, предысторию получают понятия энергии, силы и некоторые другие.

Как мы упоминали выше, система внутрипредметных связей является некоторой частью ассоциативной системы человека и как ее часть наследует как механизмы образования и эволюции, так и прочие ее характеристики. Рассмотрим классификацию связей, предложенных Ю.А. Самариним [66].

Для первой категории связей можно выделить пространственные. Эти связи, в основном, выражаются с помощью рисунков, чертежей и схем. Особое место тут могут занимать графики, позволяющие соотнести явления разных видов между собой. Примером таких внутрипредметных связей могут выступать графики изотермических процессов, колебаний и т.д.

Тесно с пространственными отношениями соотносятся временные связи. Эти связи формируются благодаря последовательности их образования. К ним можно отнести связь между тремя законами Ньютона, изучаемых

практически одновременно. Фактически такие связи образуются в рамках одного урока или пары уроков.

На основе пространственных и временных связей образуется структурно более сложный вид связей – связи последовательности. Они определяются не только по временной последовательности, но и за счет различной значимости, существенности или обобщенности внутрипредметных связей. Такие связи формируются, в основном, уже тогда, когда вырабатывается определенная система расположения материала, когда он начинает соотноситься со все более и более общими понятиями (устанавливаются внутрипредметные связи). Примером такой связи являются законы сохранения, уравнение гармонических колебаний и другие общие понятия, пронизывающие весь курс физики.

Следующая группа связей, которая возникает на основе пространственно-временных связей – это количественные связи. Они могут возникать на основе замещения качественных характеристик количественными. Наглядным примером является количественная оценка цвета как электромагнитной волны определенной длины. Овладение учеником единицами измерения способствует образованию таких связей, позволяя соотносить любые объекты и явления реальности.

Следующим важным видом связей являются причинно-следственные связи. Они отделяются от связей последовательности. Фактически это выделение существенных явлений и типичных (общих) явлений в их связях с последующими или предшествующими явлениями. Этот вид связей характерен для естественных наук, изобилующих законами, которые, по сути, являются причинно-следственными зависимостями. Такие связи начинают формироваться у учеников уже при изучении основного свойства материи – движения. Тем самым закладывается принцип причинности, демонстрирующий единство процессов, происходящих вокруг.

Накопление знаний в процессе обучения начинается с простейших внутрипредметных связей. Одно из первых понятий, изучаемых в курсе

физики – материальная точка. Рассмотрим два разных способа изучения этого понятия.

В курсе 7 класса понятие впервые появляется в материале следующим образом: «Если размеры тела много меньше расстояний, характерных для рассматриваемого в задаче движения, то размерами тела пренебрегают и тело представляется в виде **материальной точки**. Словом «материальная» подчеркивается ее отличие от геометрической точки. Геометрическая точка не обладает никакими свойствами. Материальная же точка может обладать массой, электрическим зарядом и некоторыми другими характеристиками. [37]»

Сразу после изучения мы получаем внутрипредметную связь «размеры тела – материальная точка». Фактически такая связь пока еще очень ограничена, она имеет выход только на механическое движение и понятие расстояния. В учебнике [89] понятие материальной точки вводится так: «В такой формулировке закон всемирного тяготения применим к телам, которые можно считать материальными точками, т. е. к телам, расстояние между которыми очень велико по сравнению с их размерами, иначе следовало бы учитывать, что разные точки тел отстоят друг от друга на разные расстояния».

И на этом примере ярко видно, что сразу после изучения оно является собой элемент, ни с чем не связанный, фактически представляя собой изолированную внутрипредметную связь. Такие связи далее мы будем называть локальными внутрипредметными связями. Не включенная в систему знаний, такая обособленная связь практически не имеет шанса участвовать в мыслительной деятельности [84]. В дальнейшем, с расширением знаний, обобщением все новых внутрипредметных связей, дифференциации сходных явлений и ситуаций, постоянным процессам анализа и синтеза локальные внутрипредметные связи переходят в систему внутрипредметных связей. Использование задач, требующих применения в процессе решения модели материальной точки, призвано включить ее в систему внутрипредметных связей.

Таким образом, простейшим элементом системы знаний является простая локальная внутрипредметная связь. Такими они сохраняются недолго в силу некоторых причин:

- появляются новые внутрипредметные связи, которые нарастают на эти связи и тем самым расширяют знания о предмете, явлении или ситуации;
- локальные связи, не включенные в систему, имеют тенденцию к затуханию (теряются).

Переход от локальных внутрипредметных связей к системе внутрипредметных связей схож в некоторой степени с эволюцией. Связи, которые не удастся включить в систему, «отмирают», остальные входят в более высокоорганизованную систему. Яркая иллюстрация этого процесса - закон сохранения импульса. Рассмотрим типичный процесс его вывода и изучения.

Закон сохранения импульса является следствием второго и третьего законов Ньютона.

Для простоты будем считать, что система состоит всего из двух тел. Это могут быть две звезды, два бильярдных шара или два других тел.

Силы, возникающие в результате взаимодействия тела, принадлежащего системе, с телом, не принадлежащим ей, называются внешними силами. Если рассматривать систему, состоящую из двух бильярдных шаров, то сила взаимодействия шаров с краем стола при ударе о него, сила трения шара о поверхность – внешние силы. Пусть на тела системы действуют только внешние силы $\vec{F}_{1,2}$ и $\vec{F}_{2,1}$. По третьему закону Ньютона $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$. Отсюда следует, что сумма внутренних сил всегда равна нулю:

$$\vec{F}_{1,2} + \vec{F}_{2,1} = 0$$

Вследствие действия сил на тела системы их импульсы изменяются. Если взаимодействия рассматриваются за малый промежуток времени Δt , то для тел системы можно записать второй закон Ньютона в виде

$$\Delta \vec{p}_1 = (\vec{F}_1 + \vec{F}_{1,2})\Delta t$$

$$\Delta \vec{p}_2 = (\vec{F}_2 + \vec{F}_{2,1})\Delta t$$

Сложив эти равенства, получим

$$\Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2)\Delta t$$

В левой части равенства стоит сумма изменений импульсов всех тел системы, т.е. изменение импульса самой системы (под импульсом системы мы будем понимать геометрическую сумму импульсов всех тел системы):

$$\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2)\Delta t$$

$$\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = \vec{F}\Delta t$$

Где \vec{F} - геометрическая сумма всех внешних сил, действующих на тела системы.

Мы доказали весьма важное положение: импульс системы тел могут изменить только внешние силы, причем изменение импульса системы $\Delta \vec{p}_{\text{сист}}$ совпадает по направлению с равнодействующей внешней силой. Внутренние силы изменяют импульс отдельных тел, но изменить суммарный импульс системы они не могут.

Уравнение $\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = \vec{F}\Delta t$ справедливо для любого интервала времени Δt , если сумма внешних сил остается постоянной.

Из уравнения $\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = \vec{F}\Delta t$ вытекает закон сохранения импульса. Если внешние силы равны нулю, то $\Delta \vec{p} = 0$ и импульс системы остается неизменным, или, как говорят, сохраняется:

$$\vec{p}_{\text{сист}} = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = \text{const}$$

Закон сохранения импульса формулируется так: если сумма внешних сил равна нулю, то импульс системы тел сохраняется. Иначе говоря, в этом случае тела могут только обмениваться импульсами, суммарное же значение импульса не изменяется. [107]

Он может быть выводом из системы знаний ученика (как показано выше), результатом сложного процесса обобщения сходных фактов и других законов. С другой стороны, он может представлять собой новое образование,

элемент простого механического запоминания, за которым не стоит система знаний. Это случается, когда из-за нехватки времени учитель дает закон без вывода, такие случаи, к сожалению, имеют место в преподавании школьной физики. Последний вариант позволяет обладать знанием, но зачастую не позволяет использовать его в практической деятельности решения задач. В таком случае со стороны учителя необходима работа, позволяющая включить закон сохранения в общую систему внутрипредметных связей.

Среди учебных внутрипредметных связей, кроме обособленных локальных связей и системы внутрипредметных связей, можно выделить некое промежуточное состояние. Оно характеризуется тем, что система уже приобрела структуру, перейдя от локальных связей на более высокую ступень внутренней организации, но еще слишком простую для понятия «система». Переход от локальных ассоциаций к ассоциативной системе происходит тоже через промежуточный элемент. В ассоциативной теории его называют "частносистемными ассоциациями". Для лучшего понимания механизма возникновения систем внутрипредметных связей мы обозначим это промежуточное состояние аналогично – «частносистемными внутрипредметными связями». Они характерны для учебного процесса. Учебный курс имеет четкое разделение на блоки (параграфы и темы). Изучение порций информации приводит к формированию систем, ограниченных частным знанием, простейших, но уже имеющих свою структуру. Такие частносистемные внутрипредметные связи уже обладают «подвижностью» (т.е. активно используются индивидом в мышлении), при этом свойство некоторой локальности не исчезает. Они уже начинают играть свою роль в мыслительном акте, так как на их базе происходит отбор, сопоставление связей, входящих в данную систему, выделение ключевых и второстепенных связей. Таким образом, уже в таких системах осуществляются процессы анализа и синтеза, позволяющие сделать шаг к более высокоорганизованной системе внутрипредметных связей. Но локальность такой системы может стать серьезной проблемой в процессе обучения. Связи

системы активно используются в рамках одного материала и совершенно не используются в других случаях. Другими словами, такие системы проявляют свойства дуализма, одновременно являясь и частью системы и локальным образованием.

Обобщая вышесказанное, заметим, что, хотя внутрипредметные связи и формируются самостоятельно в ходе любой учебной деятельности (так же как и ассоциативные связи), переход от локальных внутрипредметных связей к частносистемным и в дальнейшем к системе внутрипредметных связей происходит только в результате целенаправленной деятельности учителя. Такой вывод в целом находит подтверждение в ранее изложенном. Роль стихийно реализующихся связей занимает содержательные связи, обусловленные построением материала в учебнике, эти же связи можно отнести к логико-физическим. Целенаправленная деятельность учителя при этом необходима для реализации методических связей. Такая деятельность может корректно происходить с использованием как традиционных средств и методов обучения, так и в ходе изучения элективных и факультативных курсов, организованных с расчетом именно на работу по реализации внутрипредметных связей.

Проанализировав различные основания внутрипредметных связей, мы лишь эпизодически затрагивали вопросы о видах внутрипредметных связей.

Структура внутрипредметных связей может быть представлена в виде следующих компонентов [107]:

- состав, определяет, что из содержания обучения используется во время изучения какой-либо связи;
- направление, характеризующее многообразие одной и той же связи. Можно выделить односторонние, двусторонние и многосторонние;
- способ связи между элементами. Можно выделить два вида связей по этому признаку: по последовательности изучения и продолжительности взаимодействия.

В результате исследования по данной теме были выявлены несколько различных классификаций внутрипредметных связей.

Исследуя вопрос о структурных единицах знания и связях между ними, Л.Я. Зорина выделяет различные виды знаний: термины, понятия, факты, законы, теории и методологические знания [58]. Между этими различными образованиями могут быть проведены связи, что и предлагает С.В. Нарзыкулова в своей работе, получая таким образом следующие виды связей: между понятиями, законами, понятиями и теориями, связи понятий в системе, связи между системами понятий и между понятиями и системами понятий [152]. Естественно, нельзя ограничивать структурные единицы учебного предмета только знаниями, так как туда входят умения, навыки, опыт творческой деятельности и эмоционально-ценностного отношения к миру. С.В. Назыркулова выделяет в связи с этим следующие дополнительные внутрипредметные связи: между умениями и навыками, между знаниями и личностными отношениями, между знаниями и творческой деятельностью, между умениями и личностным отношением.

Те знания, умения и навыки, которые передаются ученику в ходе учебной деятельности, являются лишь основными результатами обучения. На их основе ученик в конечном итоге овладевает новыми видами деятельности.

В основу одной из самых простых классификаций внутрипредметных связей можно положить временной фактор изучения.

Таким образом, можно выделить следующие виды: предшествующие, сопутствующие и последующие.

- Предшествующие проявляются в пропедевтике к введению нового понятия.
- Сопутствующие – в организации и непосредственном применении ранее усвоенных знаний при приобретении новых знаний.
- Последующие – в систематизации знаний на завершающем этапе изучения темы.

Знания о механических колебаниях используются при изучении темы «Электромагнитные колебания» – это предшествующая внутрипредметная связь.

Когда при выводе уравнения колебания математического маятника пользуются законом сохранения энергии - это сопутствующая внутрипредметная связь.

Сравнивая механические колебания и механическое движение – последующая внутрипредметная связь.

Первый вид связей существует объективно, а второй отражает субъективную сторону процесса обучения.

В своих исследованиях В.М. Монахов и В.Ю. Гуревич [102] подходили к классификации лишь с позиции деления на внутрипредметные связи и межпредметные связи, предполагая, что среди внутрипредметных связей есть лишь один вид, и определять различные категории их не требуется.

В дальнейшем исследователи внутрипредметных связей делают попытки подразделять внутрипредметные связи на различные виды. Т.В. Рыбакова подразделяет внутрипредметные связи по времени, получая упомянутую выше временную классификацию.

В.А. Далингер [44] разделяет на внутрипредметные связи внутривопрепятные, межвопрепятные и внутрипредметные связи, обусловленные решением задач. Здесь стоит пояснить, что эти связи он выделяет применительно к связям, реализуемым на уроке математики. На уроках физики стоит выделить еще один важный вид внутрипредметных связей, обусловленных опытно-экспериментальной деятельностью.

Еще одну классификацию внутрипредметных связей, предложенных В.А. Далингером, отличает разделение по составу. В результате получаем следующие виды внутрипредметных связей: содержательные, операционные, методические и организационные. В учебном курсе основную нагрузку несут содержательные и методические связи, операционные и организационные же имеют достаточно слабое влияние на общую систему.

Сейчас мы подходим к вопросу, какие же связи имеет смысл реализовывать в процессе обучения в школе.

Если рассматривать последнюю классификацию, то основная доля внутрипредметных связей приходится на логико-физические (или содержательные) и методические. Такой вывод логичен, потому что эти две категории обобщают все связи, реализуемые за счет процесса обучения.

Если пользоваться классификацией Т.В. Рыбаковой, то все три вида равноправно присутствуют в процессе обучения. Ко многим понятиям и явлениям идет определённая пропедевтика, последующие связи, обусловленные обещающими повторениями, занимают важнейшую роль в обучении. Сопутствующие связи это основные внутрипредметные связи, наиболее легко реализуемые и часто встречающиеся. Следуя второй классификации В.А. Далингера (схема №3), мы, по сути, получаем те же самые логико-физические и методические связи. Связи, реализуемые на уровне знаний, – это основные связи для естественных наук.

Реализуемые на уровне деятельности связи тоже присутствуют, но их значительно меньше.

Что можно сказать о связях, обозначенных ранее как внутрипонятийные, межпонятийные и связи, обусловленные задачами и практической деятельностью? Эти связи присутствуют в равной степени, межпонятийные и внутрипонятийные имеет смысл объединить, потому что достаточно сложно говорить о реализации или существовании внутрипонятийных связей без существования межпонятийных. Конечно, говорить о внутрипонятийных связях в отрыве от межпонятийных сложно, поскольку зачастую элементами внутрипонятийной связи выступают другие понятия. Так, для примера, масса имеет две внутрипонятийных связи с плотностью и объемом, при этом плотность и объем являются самостоятельными понятиями. Все понятия и явления в науке находятся во взаимосвязи друг с другом и почти все выражаются через друг друга. То, что можно выделить во внутрипонятийные связи, под другим углом зрения представляет собой межпонятийные связи.

Использование временного фактора в классификации подводит нас в первую очередь к выводу о необходимости актуализации внутриспредметных связей, заложенных ранее. К такому выводу наталкивают экспериментальные работы, проводившиеся В.А. Далингером, которые привели к выводу о необходимости постоянной актуализации внутриспредметных связей, заложенных ранее.

Вслед за И.И. Новинским [111], В.А. Далингер предлагает в основу классификации внутриспредметных связей положить компоненты структуры связей: направление, состав, способ отношения.

За основную имеет смысл взять классификацию, предложенную М.Н. Скаткиным и Г.И. Батуриной в [145], в дальнейшем спроецированную на внутриспредметные связи В.А. Далингером в [43].



Схема №3

Часть внутриспредметных связей, реализуемых на уровне знаний, ставит целью создать у учащихся систему обобщенных знаний по предмету, а на уровне деятельности – систему деятельности, общей для различных тем одного предмета.

В подтверждение существования данной классификации можно привести следующие примеры.

Изучение темы «Электромагнитные волны» использует понятия «период», «частота», «фаза» и другие, заложенные в теме механические колебания. Используя эти понятия в новой теме, мы затрагиваем внутрипредметные связи, реализуемые на уровне знаний по средствам языка. В процессе решения задач из этой темы, используя формулу периода, уравнение гармонических колебаний, затрагиваются внутрипредметные связи, реализуемые на уровне знаний с помощью прикладной части.

Актуализируя понятия фазы, периода, частоты, резонанса, мы затрагиваем внутрипредметные связи, реализуемые на уровне репродуктивной деятельности.

Проводя сравнение механического движения и механических колебаний, мы затронем внутрипредметные связи, реализуемые посредством продуктивной деятельности.

Другими словами, если методика направлена на совершенствование процесса конструирования и отбора учебного материала, она позволяет реализовывать связи в основном на уровне знаний, но второй вид внутрипредметных связей, реализуемых на уровне деятельности, выставляет требования к методике в области совершенствования эффективности учебно-познавательной деятельности.

Классификация, предложенная М.Н. Скаткиным и Г.И. Батуриной, не является исчерпывающей. Как замечает Р.Ю. Костюченко в своем исследовании, и как уже выделялось выше, в русле учебного предмета можно разделить все внутрипредметные связи на связи, обусловленные логикой науки и возможностями методов преподавания. Таким образом, мы получаем следующую классификацию:

- логико-физические;
- логико-методические.

Первый вид связей существует объективно, а второй отражает субъективную сторону процесса обучения.

Представить себе курс физики, который не использует ранее изученные факты, невозможно. Понятия, закладываемые в начале изучения школьной физики, такие как масса, скорость, ускорение, сила, энергия, в дальнейшем пронизывают весь последующий учебный материал. Из чего можно заключить, что не учитывать логико-физические связи в процессе преподавания не представляется возможным, ведь это противоречило бы логике построения учебного предмета. Поэтому учителю, готовясь к уроку, необходимо определить ядро учебного материала, на которое будет направлено основное внимание.

В это же время реализация внутрипредметных связей на уровне деятельности возможна и зависит лишь от деятельности учителя и учеников. В таком случае логико-методические связи могут реализовываться, а могут и нет. Так, например, изучать тему «Основные характеристики вращательного движения» можно как что-то совершенно новое, а можно изучить, проведя аналогию с параметрами прямолинейного движения. В одном случае все характеристики вводятся как новые. В другом случае приводится аналогия между ними и механическими и колебательными величинами. В таком случае, с помощью метода аналогии у нас будет проходить реализация внутрипредметных связей.

Рассмотрим изучение темы «Электрический колебательный контур». Сама по себе тема может быть изучена в строгом соответствии с учебником [108], в другом случае ученикам может быть предложено сравнить характеристики колебательного контура с механическим пружинным маятником.

Пружинный маятник	Колебательный контур
-------------------	----------------------

x	q
$v = x'$	$i = q'$
$a = x''$	$\frac{\partial i}{\partial t} = q''$
m	L
F	U
$F = ma$	$U = L \frac{\partial i}{\partial t}$
$F = kx$	$U = \frac{q}{C}$
k	$\frac{1}{C}$
$\frac{kx^2}{2}$	$\frac{q^2}{2C}$
$\frac{mv^2}{2}$	$\frac{Li^2}{2}$

С помощью метода аналогии реализуются внутрипредметные связи между пружинным маятником и колебательным контуром. Если понимать, что такое индуктивность или емкость для электрической цепи может быть достаточно сложно, то в сравнении с механическими, наиболее простыми для визуализации, характеристиками это выглядит элементарным. Реализация с помощью методов аналогии [78] относится сугубо к логико-методическим связям, которые реализуются с помощью учителя. Хотя этот же пример, будучи внесенным в теоретический материал, может стать логико-физическим.

Другой подход к классификации описан О.А. Яворуком в [180], выделяя следующие виды связей:

- связи между ступенями (концентрами) курса физики;
- связи, формирующие мировоззрение учащихся;

- связи в структуре физического знания;
- связи в планах обобщённого характера;
- связи при формировании УУД и ООД;
- связи устанавливаемые сложными понятиями- масса, энергия, сила;
- связи возникающие при формировании экспериментальных умений;
- связи, обнаруживаемые при решении задач и изучении структуры задач;
- связи при использовании международной системы единиц;
- связи политехнического содержания.

Школьная физика является одним из ряда учебных предметов, изучение которых требует опоры на систему внутрипредметных связей. Это связано с большим количеством понятий, определений, законов, свойств, которыми оперирует дисциплина. Кроме того, школьный курс физики изучается в течение пяти лет, начиная с седьмого класса (не считая изучения предметов, относящихся к естествознанию), и имеет концентрическую структуру, что приводит к необходимости формирования и корректировки уже сформированных ранее понятий. Соответственно, требует формирования и корректировки и система внутрипредметных связей.

Систематическое исследование внутрипредметных связей школьного курса физики до сих пор не проводилось. Имеющиеся исследования курса общей физики [34, 54], опирающиеся на графовое представление внутрипредметных связей, не дают ответа на вопрос: «Как построить методику обучения физике, позволяющую эффективно реализовать внутрипредметные связи?»

Мы рассмотрим основные типы актуальных для школьного курса физики внутрипредметных связей, что позволит приблизиться к ответу на указанный вопрос, поскольку, основываясь на структуре связей, можно построить адекватную модель их реализации в учебном процессе.

Внутрипредметные связи школьного курса физики могут быть разделены или, напротив, обобщены по целому ряду признаков. Так, например, связи по времени рассмотрения могут быть ретроспективными, предшествующими (обращение к уже изученному материалу), сопутствующими (объединяются одновременно изучаемые элементы курса) и перспективными, последующими (пропедевтические, обращенные к материалу, который будет изучаться далее).

Чаще всего в методике обучения физике обращаются к понятийным и тематическим внутрипредметным связям.

Понятийные связи.

Наиболее простыми и распространенными представляются понятийные связи, которые объединяют в единую систему все элементы школьного курса физики от простейших понятий до законов и фундаментальных принципов физики. Они реализуются с каждым новым определением любого физического понятия, поскольку каждый новый элемент учебного курса, как правило, вводится с опорой на уже изученные или, как минимум, интуитивно понятные элементы.

Великий фантаст и популяризатор науки своего времени Айзек Азимов отмечал, что "изучение физики может считаться, прежде всего, рассмотрением взаимосвязей между энергией и материей" [2]. Таким образом, понятийные связи заложены в сам предмет изучения физики как науки, и, соответственно, в большей своей части наследуются (или должны наследоваться) методикой обучения физике. Причем структура понятийных связей может быть представлена в виде иерархического дерева, корнями которого будут понятия "материя" и "энергия".

Отметим, что, имея два существенно разных корня, дерево понятийных связей все-таки одно, поскольку на разных этапах изучения физики происходит слияние ветвей, исходящих от разных корней.

Так, уже в механике мы сталкиваемся с задачей о сравнении кинетических энергий двух тел. В одном случае мы сравниваем энергии тел

равной массы (понятие от корня «материя»), имеющих различные скорости (понятие от корня «энергия»). В другом случае предлагаем к сравнению энергии тел, имеющих одинаковые скорости, но разные массы, в результате чего делаем вывод о влиянии массы на кинетическую энергию тела.

Данный пример достаточно просто и наглядно демонстрирует единство дерева понятийных связей. Еще очевидней это единство становится при изучении полной энергии физической системы, определяемой, пожалуй, самой известной формулой: $E = mc^2$. Эту формулу зачастую трактуют как эквивалентность массы и энергии.

Таким образом, наиболее оптимальным направлением в обучении физике представляется путь, реализующий максимальную интенсивность внутрипредметных связей, исходящих от фундаментальных, корневых понятий и приводящих к общей «верхушке» дерева связей.

Система понятийных связей, как и отдельно взятые понятия, претерпевает изменения в течение всего процесса изучения физики, поскольку большая часть понятий (и принадлежащих им связей) периодически используется на разных этапах обучения физике. К тому же многие понятия обрастают большим количеством новых свойств, которые могут служить опорой дополнительных связей между понятиями.

Тематические связи.

Если понятийные связи представляются наиболее важными для глубокого понимания школьником сути физических процессов и явлений, то тематическими связями чаще оперирует учитель. Тематические связи – это связи между достаточно крупными блоками учебного материала, в частности, темами, разделами учебного курса, а также логические связи между параграфами учебника, поскольку зачастую именно параграф учебника принимается за своеобразный «квант» учебной информации.

Понятийные связи можно отнести к «микроуровню» внутрипредметных связей, а, соответственно, тематические – к «макроуровню», которым

достаточно удобно оперировать при разработке программ учебных курсов, определении их содержания.

Именно на тематические связи ориентируются обычно как практикующие методисты, так и исследователи внутрипредметных связей [34, 51, 103]. Как было показано в работе [103], тематические связи достаточно легко можно оптимизировать, воспользовавшись несложными средствами анализа. Хотя зачастую удобнее опираться на внутреннюю логику течения учебного процесса, которой оптимизированная модель построения курса может противоречить.

Тематические внутрипредметные связи выстраиваются на базе использования понятийного аппарата и связей одной темы курса при изучении другой темы. При этом исходная система понятий и связей претерпевает изменения, связанные с приложением к новой области знаний физики. Параллельно реализуются связи, характерные для изучаемой темы. Таким образом, мы получаем конгломерат связей, состоящий из связей, соответствующих предшествующей и изучаемой темам курса физики, а также связей, объединяющих две темы.

Тематические связи можно представить в виде сети отношений, каждый узел которой можно развернуть в соответствии с упомянутой выше классификации по временному признаку (например, см. рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент тематических связей раздела «Механические колебания».

Локальные и глобальные связи.

Понятийные внутрипредметные связи обладают тонкой структурой и, соответственно, могут быть дифференцированы по ряду признаков. В частности, понятийные связи могут быть локальными, то есть реализуемыми при изучении относительно небольшой части курса физики, или глобальными, охватывающими весь учебный курс.

К классу глобальных следует отнести все связи, опирающиеся на фундаментальные понятия физики – массу (как основная характеристика материи) и энергию.

Так, например, прямая связь массы и энергии красной нитью проходит через механику, термодинамику, электромагнитные явления и физику атома и ядра, отходя в тень только при изучении оптики. В меньшей степени статуса глобальных заслуживают связи «скорость-энергия», «сила-скорость», «энергия-импульс», «сила-масса» и т.д.

Но существует достаточно много понятий, которые локализуются в одном-двух разделах школьного курса физики, и их связи с другими понятиями также будут носить локальный характер. Особенно четко указанное свойство связей просматривается на примере большинства понятий, связанных с магнитным полем, поскольку в других разделах школьной физики они представлены минимально.

Есть и более «механические» локальные понятия, как, например, «длина свободного пробега», которое встречается в термодинамике и электродинамике. Подобные понятия должны образовывать различные связи в соответствующих разделах физики ввиду совершенно непохожей физической природы явлений.

Достаточно большая часть связей занимает промежуточное состояние между локальными и глобальными. Для их классификации можно использовать другие методы, например метод аналогий.

Связи-анalogии.

Внутрипредметные связи, основанные на аналогиях, активно изучались представителями омской школы методики обучения математике (например, [78]). С аналогиями в курсе физики учащиеся сталкиваются чаще всего, взяв в руки сборник задач В.С. Волькенштейн [28]. В этом сборнике в виде таблицы проводится сравнение основных законов динамики поступательного и вращательного движений. В приведенном примере есть лишь один изъян: аналогию необходимо проводить, отталкиваясь от наиболее простых понятий, хорошо известных школьнику формул. В частности, авторами данной статьи в учебном процессе аналогия поступательного и вращательного движений выстраивается, начиная с кинематики:

Поступательное движение	Вращательное движение
x	φ
$S = x - x_0 = \Delta x$	$\Delta\varphi$

$v = \Delta x / \Delta t$	$\omega = \Delta \varphi / \Delta t$
$a = \Delta v / \Delta t$	$\varepsilon = \Delta \omega / \Delta t$
$x = x_0 + v_0 t + at^2/2$	$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2/2$
...	...

Использование аналогии в обучении физики отнюдь не ограничивается построением сравнительных таблиц. Безусловно, спектр аналогий значительно шире.

Например, принцип Ферма, гласящий, что свет между двумя точками распространяется за минимальное время, может быть использован не только в законе преломления света на границе двух сред, но и при решении достаточно сложной для школьника механической задачи о необходимости преодоления путником некоторого расстояния между двумя точками. Дополнительным условием задачи служит расположение точек в разных полуплоскостях, где различны и скорости движения путника (поле-шоссе, или болото-луг, или берег-озеро).

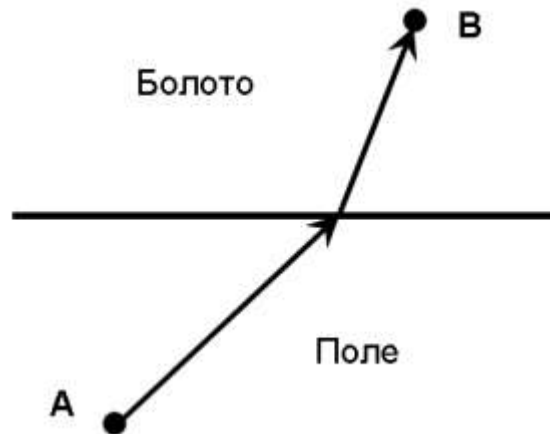


Рис. 4. Чертеж к задаче о движении путника.

Схожий подход к аналогиям может быть использован применительно к конусу Маха, иллюстрирующему как решение задач на движение с постоянной скоростью, распространение волны от носа корабля, так и достаточно сложный эффект Вавилова-Черенкова.

Связи-анalogии могут быть построены на основе общности математических моделей различных по своей физической природе явлений. Здесь ярким примером может быть сравнение законов Всемирного тяготения и Кулона. Интересно, что закон Кулона изучается позже, но учащимся становится доступным ряд следствий из свойств электростатического поля, которые могут быть с успехом использованы при решении задач на гравитацию.

Прямые и опосредованные связи.

Понятийные связи можно различать по признаку «близости» отношений между понятиями, образующими связь. Максимальная или непосредственная «близость» достигается при определении одного понятия с участием другого. Такие связи мы будем называть прямыми.

У прямых связей есть одна особенность. Они могут существенно изменяться в процессе изучения курса физики от 7 до 11 класса. Так в, 7 классе мы можем определить скорость как отношение пройденного пути ко времени, за которое этот путь был пройден (более строгого определения не требуется, поскольку учащиеся рассматривают только вариант равномерного прямолинейного движения, при котором пройденный путь совпадает с перемещением, то есть они синонимичны). Но в старших классах ученик уже должен знать, что скорость – это векторная величина, которая равна производной перемещения по времени. Таким образом, связь «скорость-перемещение (пройденный путь)» со временем «обрастает» свойствами (как физическими, так и математическими, то есть на основе внутрипредметных связей могут быть построены и межпредметные связи). Она становится более значимой, интенсивной по частоте обращения к ней.

Совокупность прямых связей достаточно легко можно представить в виде сетевого графа, в вершинах которого будут располагаться понятия, тогда ребра графа будут нести смысловую нагрузку связей между соответствующими понятиями. Так, в статье [146] предлагается использовать

семантическую сеть (ориентированный граф) в процессе решения задач по физике.

Кроме прямых связей мы должны выделить опосредованные, то есть понятийные связи, требующие участия не двух, а трех и более понятий, связанных в единую цепочку. Наличие опосредованных связей говорит о глубокой логике самой дисциплины (физики), и чем длиннее логические цепочки, используемые школьником, тем лучше он понимает предмет.

Например, при обсуждении понятия инертности мы обращаем внимание, что чем более инертно тело, тем большую силу необходимо приложить, чтобы изменить состояние (скорость) тела. Здесь мы опускаем понятие массы как меры инертности, полагая, что учащиеся это знают, и не обращаемся ко второму закону Ньютона, поскольку объяснение конкретного природного явления требует в большей степени повседневного опыта, нежели подкрепления математической формулой (которая в любом случае будет рано или поздно интерпретирована и связана с данным природным феноменом).

Особенно важны опосредованные связи при решении сложных физических задач. Поскольку связи данного типа представляют собой фактически ассоциативную цепочку большей или меньшей длины, то в зависимости от количества имеющихся в арсенале ученика опосредованных связей школьник может связать имеющиеся у него исходные данные с величинами, которые ему требуется найти.

В этом плане решение сложной задачи схоже с игрой в шахматы. Чем большее количество ходов партии может просчитать игрок, тем больше у него шансов на победу. Так и здесь: чем длиннее ассоциативные цепочки, представляющие опосредованные связи, тем шире возможности школьника в решении физических задач.

Приведенные варианты классификации внутрисубъектных связей не исчерпывают всех подходов к данному процессу. Тем не менее можно сказать, что для каждого типа связей может быть разработана своя методика их

реализации, позволяющая сделать процесс обучения физике более эффективным.

Каждый из рассмотренных выше типов внутрисубъектных связей может быть представлен большим количеством примеров, и все они достойны самого тщательного изучения в методике обучения физике.

1.2. МОДЕЛЬ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА, ОТРАЖАЮЩАЯ СИСТЕМУ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ

Одной из основных проблем методики обучения любой дисциплине представляется необходимость оптимизации учебного процесса для достижения определенных целей. В области естественных и математических дисциплин подобной целью может быть реализация внутрипредметных связей, поскольку «без них учащиеся при изучении того или иного предмета получают лишь базу данных: изучаемый учебный курс предстает перед школьником в качестве базы знаний только при условии установления в нем логико-содержательных и структурно-функциональных связей» [48].

Мы остановимся на циклическом варианте построения учебного курса, который позволяет активно реализовать внутрипредметные связи.

Обычно учебный курс, рассчитанный на один-два года, имеет линейную структуру в изложении материала, то есть каждая тема изучается только один раз без возвращения к ней на более сложном или качественно ином уровне. Трехлетние и более длительные курсы могут иметь концентрическую структуру. При этом, как правило, расположение материала по виткам или ступеням примерно схожее.

В качестве примера подобного курса можно привести школьный курс физики. Здесь содержание разделено на два цикла, причем второй цикл, наследуя от предшественника систему понятий, законов и методов, существенно усложняет формируемую физическую картину мира, используя и существенно усложненные модели, и расширенный математический аппарат.

Близкую по смыслу, но иную по варианту реализации концентричность имеет курс математики (объединения алгебры и геометрии). Здесь сначала вводится понятийный аппарат и рассматривается на простейших примерах, а затем в 10-11 классах на основе полученных знаний происходит расширение свойств понятий. Ярким примером могут служить периодические обращения

к понятию функции на разных этапах курса алгебры или изучение тригонометрических функций, изначально вводимых в курсе планиметрии с существенным углублением уже в курсе алгебры 10 класса.

Уже такое, «крупномасштабное» концентрическое построение учебных курсов позволяет активизировать процесс реализации внутрипредметных связей, так как систематическое обращение к уже изученным понятиям и законам, вплетенное в канву нового материала, в той или иной степени стимулирует образование связей.

Концентрическую структуру могут иметь не только многолетние учебные курсы, но и годовые курсы, элективные курсы объемом от полугода до двух лет, и даже изучение отдельных разделов дисциплины может быть построено концентрически. Для этого мы предлагаем строить циклы не только за счет усложнения материала, а путем поэтапного перехода от рассмотрения реальных объектов и явлений к абстрактным моделям и решению задач.

При циклическом построении первый цикл курса должен содержать максимально широкий и полный обзор реальных объектов и явлений, послуживших базой для научного исследования методами изучаемой дисциплины.

Данный цикл преследует несколько целей. Во-первых, учащиеся актуализируют свой бытовой опыт и соотносят его с изучаемым материалом. Это дает учащимся ответ на уже ставший традиционным вопрос: «Зачем мы все это учим?» Во-вторых, здесь на реальных объектах мы можем ввести основные понятия, привязав их к зрительным образам, а, если в демонстрациях используются материальные модели, то и к тактильным ощущениям. То есть, в процессе формирования основных понятий учащиеся задействуют несколько каналов восприятия, что позволит значительно глубже закладывать фундамент внутрипредметных связей посредством ассоциаций различных по своей природе.

Наконец, третьей целью созвучно с первой представляется необходимость компенсации недостатков в практических знаниях и навыках

школьников, что прямо отражается на понимании учениками. Данная проблема сейчас стоит особенно актуально, поскольку общество постепенно становится информационным, что зачастую экранирует учащихся от материального мира и дезориентирует их при обсуждении даже достаточно простых практических вопросов.

Любой такой цикл способствует реализации внутрипредметных связей еще и потому, что является в некотором роде обобщающим, повторяющим. В.А. Далингер определял обобщающее повторение как средство реализации внутрипредметных связей. Вообще любое повторение лежит в основе прочного, глубокого и системного усвоения знаний. «Повторение представляет собой возвращение к ранее пройденному учебному материалу, а так же необходимое условие прочного, глубокого и системного усвоения содержания обучения» [133].

Еще К.Д. Ушинский связывал повторение и внутрипредметные связи, отмечая, что учитель должен прибегать к повторению не для того, «чтобы починить развалившееся, но для того, чтобы укрепить здание и вывести на нём новый этаж» [62].

В педагогической литературе существует несколько видов повторения [48]:

1. По временному признаку (в течение всего учебного года, после изучения отдельных тем, после изучения отдельных разделов и т.д.);
2. По основной дидактической цели (обобщающее-систематизирующее, углубляющее, корректирующее, подкрепляющее);
3. По частоте использования (эпизодическое, периодическое, регулярное);
4. По месту в процессе усвоения.

В процессе усвоения повторение может:

- предшествовать новому изучаемому материалу, при котором вспоминается ранее изученная информация, необходимая для полноценного усвоения новой;

- сопутствовать новому материалу, при котором в памяти актуализируется информация, входящая в содержание новых знаний, проводятся сравнения и сопоставления, устанавливаются логические связи ранее пройденного и нового материала;
- следовать за изучаемым материалом, таким образом, обеспечивать лучшее усвоение полученных знаний, помогая закреплять навыки и умения. Основная цель такого повторения это проведение систематизации и обобщения знаний.

Обобщения и систематизация способствуют становлению прочной системы внутрипредметных связей.

Ученики далеко не всегда могут самостоятельно прийти к осознанию, что любому материалу присущи определенная структура и система связей. Отсутствие умения самостоятельно обобщать фактически является одной из важнейших причин слабого освоения системой знания. На определенной стадии обучения необходима систематизация, выделение и установка новых связей между различными элементами изучаемой системы знания, т.е. формирование и реализация внутрипредметных связей.

Обобщающее повторение призвано устранить слабую реализацию внутрипредметных связей в какой-либо теме или разделе знаний. Другими словами, с помощью обобщающего повторения учитель может установить связи и отношения между элементами знания, которые раньше не были включены в них.

Если конкретизировать, то лучшим вариантом повторения для реализации внутрипредметных связей является обобщающее повторение, позволяющее после определенной темы или раздела взглянуть на изученный материал в общем, увидев связи внутри.

Каждый новый концерт в курсе будет осуществлять повторение, следуя за изучаемым знанием и одновременно преследуя несколько дидактических целей: систематизация, углубление, обобщение и корректировку.

Ученику не всегда удается осознать, что любому знанию находится место в определенной системе.

Можно выделить варианты реализации внутрипредметных связей, связанных с формированием обобщенных методов, например, единого энергетического подхода к изучаемым физическим явлениям [63]. Это дает возможность оценивать явления разной природы с точки зрения универсальных законов, показывая тем самым общность различных явлений. Такие обобщенные методы позволяют своевременно связать различные частносистемные внутрипредметные связи в единую систему.

Рассмотрим чуть подробнее обобщающее повторение в контексте использования его для реализации внутрипредметных связей. Необходимость в этом возникает при рассмотрении теоретической модели, предлагаемой нами.

Существуют различные классификации обобщающих повторений, выделим среди них оптимально отражающие виды повторений, реализуемых в модели курса, предложенной нами.

По основной дидактической цели:

- опорное;
- подкрепляющее;
- корректирующее;
- углубляющее;
- обобщающе-систематизирующее.

По месту в процессе усвоения:

- повторение, предшествующее изучению нового материала, в ходе которого актуализируются полученные ранее знания, которые необходимы для изучения нового материала;
- повторение, сопутствующее изучению нового материала, в ходе которого новые знания изучаются параллельно с актуализацией ранее

изученного, характерная черта такого вида обобщающего повторения – проводимые сравнения и сопоставления;

- повторение, следующее за изучаемым материалом, в ходе которого происходят систематизация и обобщение приобретенных знаний.

Модель курса предполагает обобщающее повторение, следующее за изучаемыми знаниями, с целью корректировки, углубления, обобщения и систематизации. Это обосновано самим строением модели курса. Существует четыре больших цикла, каждый следует за предыдущим.

Отметим необходимость такого построения теоретической модели и целей, которую она преследует. Обобщающее повторение с помощью повторяющихся циклов призвано обеспечить корректирующее и углубляющее повторение.

Несмотря на результативность, само по себе обобщение на уроках не возникает произвольно, а в организованной деятельности учителя оно появляется достаточно редко. Причин для этого достаточно много. Это и недостаток времени, трудности в организации, недостаточная реализация внутрипредметных связей самим курсом, мелкое деление на параграфы и т.д. Поэтому сама учебная деятельность требует на определённых этапах систематизации выявления новых отношений и связей между знаниями. Если в одной из частей курса слабо реализованы внутрипредметные связи, скорректировать, исправить это можно с помощью обобщающего повторения, раскрывая связи и отношения, которые не были реализованы ранее.

Обобщающее повторение как инструмент реализации внутрипредметных связей мы будем (вслед за А.А. Аксеновым и В.А. Далингером) рассматривать на уровне понятий, системы понятий и теорий [3, 44].

В данной классификации обобщающее повторение распределяется по уровню сложности. Самое простое это повторение на уровне понятий, а самое сложное, соответственно, на уровне теорий. Кроме того, обобщающее

повторение на уровне понятий следует проводить в основном в классах средней школы, а на уровне системы понятий и теорий в старших классах.

Предложенная нами модель выступает универсальным инструментом для обобщающего повторения, а соответственно, и реализации внутрипредметных связей. Такой универсализм она приобретает в контексте возрастной независимости. Другими словами, модель может использоваться на любом этапе обучения.

Но так как тематика нашей работы предполагает рассмотрение модели только применительно к старшим классам, то мы остановимся в основном на обобщающих повторениях на уровне системы понятий и теорий.

Обобщающее повторение на уровне понятий в основном организуется на базе и с помощью внутривопонятийных связей. В ходе такого повторения идет отработка знаний, полученных в контексте тех связей, что были использованы при первоначальном изучении. Роль таких обобщений может быть отнесена за счет несложных или качественных задач.

Приведем пример задания, используемого для обобщающего повторения понятия: частота переменного тока в городской электросети 50 Гц., сколько раз за секунду мигает лампа, подключенная к такой сети? Чтобы решить данную задачу, ученику придется актуализировать, что такое частота и при каком условии светится лампа.

Материал, выступающий в такой роли, должен выполнять одну из следующих функций:

- способствовать воспроизведению факта, явления, закона и различных определений;
- требовать анализа какого-либо факта, закона или явления;
- приводить к синтезу знаний и умений;
- развивать мышление.

Фактически любая предлагаемая ученикам задача реализует микро обобщающее повторение.

Обобщающее повторение на уровне системы понятий выполняет цели по формированию у учащихся умения сопоставлять факты, явления, отыскивать новые связи, составлять новые отношения между понятиями и проследивать их жизненный цикл. На этом уровне может происходить как корректировка существующих связей, так и обогащение новыми внутрипредметными связями.

Систематичность и последовательность, с которой учебный материал расположен в учебниках, формирует определенные линейные связи. Обобщающее повторение на уровне системы понятий позволяет преобразовать эти связи из линейных в объемные, снабдив их бóльшим числом связей и распространив отношения на большее число элементов знаний.

На этом уровне происходит формирование целостного представления об изучаемом материале.

Обобщающее повторение на уровне теорий призвано сформировать то или иное видение изучаемых явлений с позиций фундаментальных идей курса. Именно тут предполагается построение единой системы явлений, фактов, законов и понятий.

В.А. Далингер в своих работах отталкивается от внутрипредметных связей как основы для обобщающего повторения [43, 44, 46, 48]. Несомненный прорыв в этой области он делает, выделяя реализацию внутрипредметных связей на уровне понятий, системы понятий и теорий. Таким образом, на уровне понятий реализация внутрипредметных связей представляет собой выделение существенных признаков понятий; на уровне системы понятий – сопоставление понятий, существенных признаков, поиск связей и различных взаимоотношений между ними; а на уровне теорий – анализировать саму природу понятий, позволяя выяснять их происхождение. Недостатком такого рассмотрения является то, что абсолютно не учитывается возможность реализации внутрипредметных связей на уровне задач, что, как мы убедимся ниже, несомненно, имеет место в педагогической практике.

В первом цикле можно выделить еще один «миницикл». Желательно познакомить школьников с историческими корнями исследований в изучаемой области знаний. Данный шаг может служить еще одним аргументом в пользу необходимости изучения предлагаемого в курсе материала, поскольку в качестве довода мы приводим не только желание учителя дать знания своим подопечным, но и вполне реальные задачи, которые решались классиками науки вплоть до времен древней Греции, Египта или Китая. Подобные примеры обычно привлекают внимание школьников к изучаемому материалу.

Второй цикл предполагает построение и изучение свойств графических моделей, рассмотренных в предшествующем цикле объектов и явлений.

Данный шаг необходим для того, чтобы максимально плавно перейти от реальных объектов к их моделям, которые впоследствии и будут исследоваться, изучаться школьниками. С одной стороны, графические модели наиболее близки к материальным, соответственно, они легче воспринимаются и интерпретируются на основе полученных школьниками знаний. С другой стороны, они готовят учеников к необходимости более точного, математического описания явлений.

Кроме того, графические модели позволяют уточнить как определения основных понятий, так и прояснить их взаимосвязь, то есть сделать еще один виток в реализации внутрипредметных связей.

Графические модели могут быть произвольные: построенные на бумаге или отображенные на экране, плоские или трехмерные, статические или динамические. Здесь важно лишь помнить, что модель призвана наилучшим образом отображать характерные черты моделируемого объекта.

Третьим должен быть цикл построения и исследования свойств математических моделей изучаемых явлений и объектов.

На данном этапе исходные явления, как и их графические модели, должны получить точное математическое описание, математическую формулировку, математическую модель. Поскольку мы говорим о

конструировании относительно краткосрочного учебного курса, то обычно к рассмотрению принимаются явления, сходные по типу и зачастую имеющие либо единую, либо близкие математические модели. Это позволяет обобщить понятия и придать внутрипредметным связям как качественный, так и количественный характер.

Также в этом цикле необходимо продемонстрировать универсальность математических моделей, их пригодность к описанию объектов и явлений самой разнообразной природы. Ярким примером подобного объединения относительно простых моделей является работа В.И. Арнольда [11], в которой автор одной моделью смог описать, например, элементы движения Марса по орбите, реактивную тягу самолета и «путь пьяницы домой».

Формально являясь математическими, рассматриваемые модели по своей сути должны отражать специфику учебного предмета. То есть, математические модели курса физики должны отражать математическую сторону физических закономерностей (уравнения движения, законы сохранения и т.д.). Именно закономерности, соотношения между величинами, количественными характеристиками понятий позволяют реализовать внутрипредметные связи.

В рамках этого цикла можно организовать рассмотрение одной из математических моделей разными способами. Такой подход позволяет показать универсальность способов исследования в физике. Каждый из способов может реализовывать свой, определенный комплекс внутрипредметных связей.

Рассмотрим подробный вывод уравнения колебаний математического маятника, который можно организовать на уроке. На этом примере можно показать сразу несколько вариантов рассмотрения математической модели, каждый из которых затрагивает систему внутрипредметных связей.

Вариант I.

Выберем в качестве системы отсчета неподвижную систему, пусть ось Oy вертикально вверх против направления силы тяжести, а ось Ox перпендикулярно оси Oy вправо.

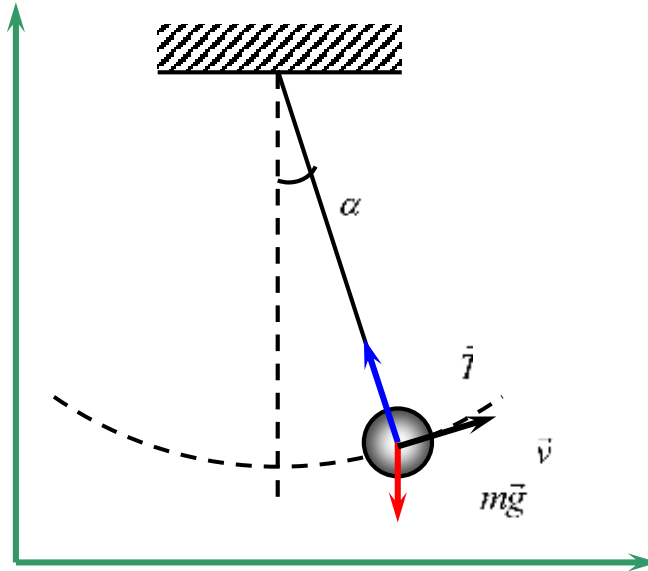


Рис. №5

Запишем уравнение второго закона Ньютона.

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}.$$

Поскольку мы знаем, что груз совершает движение вдоль части окружности радиусом l и с центром в точке подвеса (C), то ускорение можно представить в виде суммы нормального (центростремительного) и тангенциального (касательного к траектории) ускорений. В таком случае уравнение второго закона Ньютона может быть представлено в следующем виде:

$$m\vec{a}_n + m\vec{a}_\tau = m\vec{g} + \vec{T}.$$

Мы знаем, что центростремительное ускорение направлено по радиусу к центру окружности, по которой движется тело, следовательно, в нашем случае вектор \vec{a}_n совпадает с направлением силы реакции подвеса \vec{T} . Тангенциальное ускорение ответственно за изменение величины скорости, то есть $a_\tau = v'$ (производная модуля скорости по времени).

Распишем проекции сил и ускорений на оси координат.

$$Ox: -ma_n \sin \alpha + ma_\tau \cos \alpha = -T \sin \alpha.$$

$$Oy: ma_n \cos \alpha + ma_\tau \sin \alpha = -mg + T \cos \alpha.$$

Разделим первое уравнение на синус, а второе – на косинус угла α .

Получаем систему уравнений.

$$\begin{cases} -ma_n + \frac{ma_\tau \cos \alpha}{\sin \alpha} = -T, \\ ma_n + \frac{ma_\tau \sin \alpha}{\cos \alpha} = -\frac{mg}{\cos \alpha} + T. \end{cases}$$

Сложим уравнения, входящие в систему.

$$\frac{ma_\tau \sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{ma_\tau \cos \alpha}{\sin \alpha} = -\frac{mg}{\cos \alpha}.$$

Приведем выражение, стоящее в левой части уравнения, к общему знаменателю и разделим обе части уравнения на массу. Получаем:

$$\frac{a_\tau \sin^2 \alpha + a_\tau \cos^2 \alpha}{\cos \alpha \sin \alpha} = -\frac{g}{\cos \alpha}.$$

После несложных преобразований получаем выражение зависимости тангенциального ускорения от угла наклона нити к вертикали.

$$a_\tau = -g \sin \alpha.$$

Вспоминаем, что тангенциальное ускорение является производной модуля скорости по времени, а модуль скорости при движении по окружности можно представить в виде произведения угловой скорости на радиус окружности. Получаем следующее уравнение движения:

$$v' = -g \sin \alpha,$$

$$(\omega l)' = -g \sin \alpha,$$

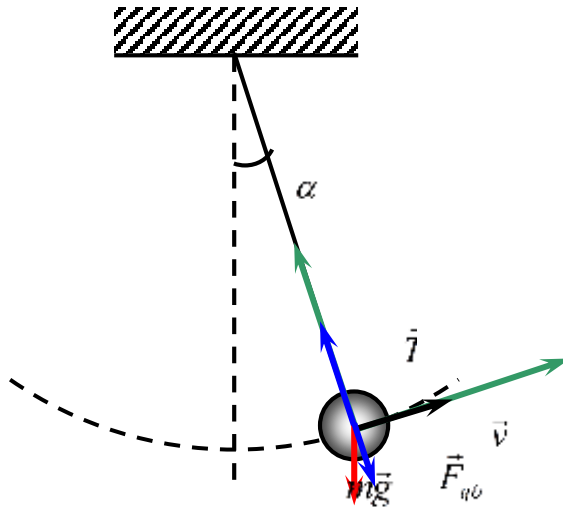
$$\omega' = -\frac{g}{l} \sin \alpha.$$

А так как угловая скорость является производной изменения угла поворота по времени (т.е. $\omega = \alpha'$), то уравнение колебаний математического маятника принимает следующий вид:

$$\alpha'' = -\frac{g}{l} \sin \alpha.$$

Вариант II.

Отправной точкой для данного варианта вывода уравнения колебаний маятника также будет служить уравнение второго закона Ньютона, но мы рассмотрим систему сил, связав систему отсчета с грузом. Так как груз движется по окружности и с меняющейся по модулю скоростью, то выбранная нами система отсчета будет неинерциальной. Соответственно, к системе сил, рассмотренной нами в предыдущем способе, необходимо добавить еще центробежную силу, направленную вдоль радиуса окружности, по которой происходит движение, от центра (против силы реакции подвеса).



Запишем уравнение второго закона Ньютона для сил в неинерциальной системе отсчета.

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{цб}.$$

В данной системе отсчета сумма сил, действующих вдоль оси Oy , равна нулю, так как груз движется по окружности постоянного радиуса. Следовательно, уравнение движения маятника мы получим, записав проекции сил на ось Ox :

$$ma = -mg \sin \alpha,$$

Дальнейшие преобразования аналогичны выводу уравнения движения в первом варианте.

$$v' = -g \sin \alpha,$$

$$(\omega l)' = -g \sin \alpha,$$

$$\omega' = -\frac{g}{l} \sin \alpha,$$

$$\alpha'' = -\frac{g}{l} \sin \alpha.$$

Вариант III

Поскольку в процессе колебаний груз вращается вокруг точки подвеса, то мы можем записать уравнение моментов для системы сил, действующих на груз.

$$J\vec{\varepsilon} = \vec{M}_{m\vec{g}} + \vec{M}_{\vec{T}}.$$

Здесь J – момент инерции груза относительно точки C . Поскольку мы считаем груз материальной точкой, то $J = ml^2$. Угловое ускорение ε является первой производной от угловой скорости по времени или второй производной угла отклонения по времени, т.е. $\varepsilon = \omega' = \alpha''$.

Выбирая положительное направление изменения угла поворота против часовой стрелки и учитывая, что момент силы реакции подвеса относительно точки C равен нулю, получаем уравнение колебаний:

$$ml^2\alpha'' = -mgl \sin \alpha,$$

$$\alpha'' = -\frac{mgl \sin \alpha}{ml^2},$$

$$\alpha'' = -\frac{g}{l} \sin \alpha.$$

Вариант IV

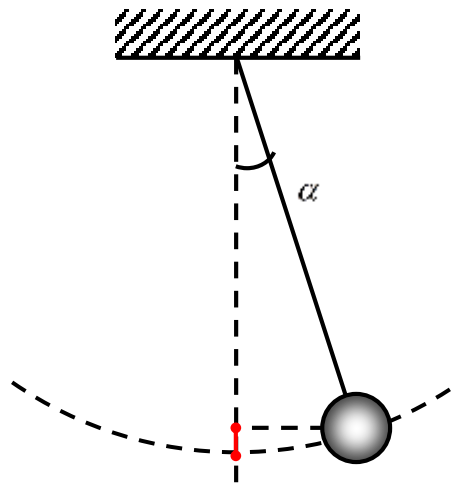
Рассмотрим закон сохранения механической энергии. Положим, что в нижней точке траектории тело обладает только кинетической энергией. Тогда

в любой другой точке полная энергия перераспределяется между кинетической и потенциальной составляющими энергии.

$$E_{k0} = E_k + E_p,$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Здесь h – изменение положения груза по вертикали относительно низшей точки траектории.



Несложно выразить h из геометрических параметров системы, используя значение угла отклонения нити от вертикали.

$$h = l - l \cos \alpha,$$

$$h = l(1 - \cos \alpha).$$

Возьмем производную по времени обеих частей уравнения закона сохранения энергии. В правой части стоит константа, поэтому ее производная будет равна нулю. Скорость и угол являются функциями времени, поэтому они дифференцируются как сложные функции. Получаем:

$$0 = \left(\frac{mv^2}{2} \right)' + (mgl(1 - \cos \alpha))',$$

$$0 = \frac{m}{2}(v^2)' + mgl(1 - \cos \alpha)',$$

$$0 = \frac{m}{2} 2v \cdot v' + mgl \sin \alpha \cdot \alpha',$$

$$v \cdot v' = -gl \sin \alpha \cdot \alpha'.$$

Представляем линейную скорость в виде произведения угловой скорости на радиус вращения. Вспоминаем, что $\alpha' = \omega$.

$$(\omega l) \cdot (\omega l)' = -gl \sin \alpha \cdot \omega.$$

Получаем уравнение колебаний:

$$l\omega' = -g \sin \alpha,$$

$$\omega' = -\frac{g}{l} \sin \alpha,$$

$$\alpha'' = -\frac{g}{l} \sin \alpha.$$

Полученное уравнение колебаний дает почву для разных подходов к отражению, описанию колебательного процесса.

Первый способ описания. Аналитический.

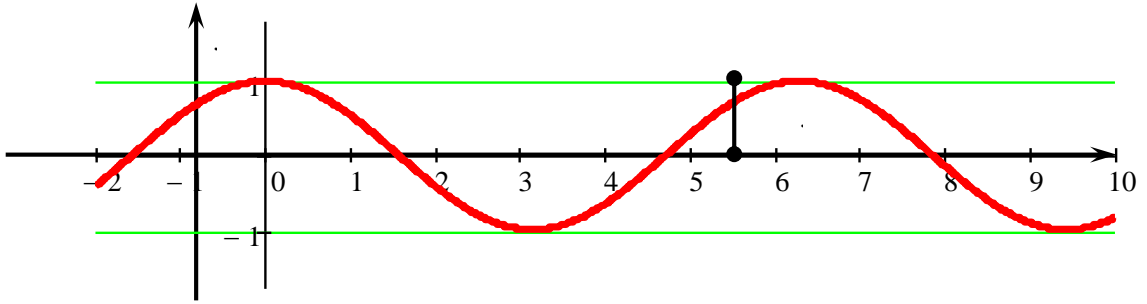
Гармонические колебания одного из параметров физической системы определяются формулой:

$$x = x_m \sin(\omega t + \varphi).$$

Здесь в явном виде прослеживается связь с движением по окружности.

Второй способ описания. График.

Изменение физической величины можно показать при помощи графика функции. При этом по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат – значения величины.

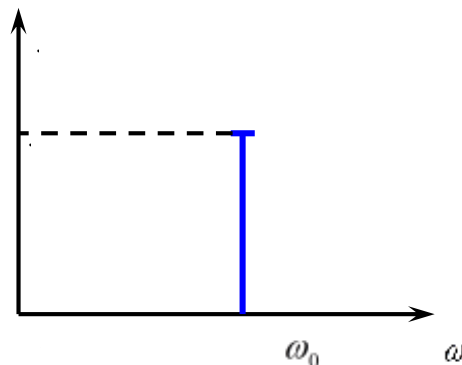


Построение данного графика имеет пропедевтическую связь с большим количеством разделов физики, в которых рассматриваются волновые процессы (механические волны, переменный ток, электромагнитные волны).

Третий способ описания. Спектральный.

Данный способ можно отнести к графическим, но также можно использовать задание колебаний с помощью пары чисел (ω, x_m) (частота колебаний и амплитуда).

Гармонические колебания, происходящие с одной постоянной частотой, на графике будут отмечены точкой или столбиком (по традиции).

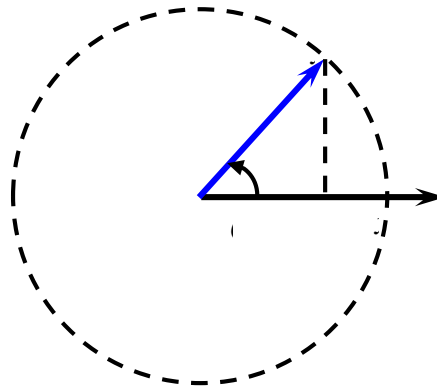


Использование спектрального метода определения колебаний существенно сказывается на понимании школьником возможности представления периодических (негармонических) колебаний в виде суммы гармонических колебаний (разложение в ряд Фурье). Кроме того, здесь начинает формироваться понятие дискретного спектра (одна частота – одна линия, параллель с линейчатым спектром).

Четвертый способ описания. Векторные диаграммы.

Здесь мы воспользуемся комплексом знаний о вращательном движении и (из тригонометрии) о свойствах тригонометрического круга. Если мы

начертим окружность радиусом x_m и пустим луч из ее центра, выбрав его в качестве начала отсчета, то колебания можно представить как движение точки по окружности с постоянной скоростью. При этом вектор, указывающий на движущуюся точку, будет иметь длину x_m и угол отклонения от зафиксированной оси (полярный угол) ωt .



Легко заметить, что проекция конца вектора на выбранную ось будет совершать колебания по закону:

$$x = x_m \cos \omega t.$$

При данном способе определения колебаний мы обращаемся и к движению по окружности, и закладываем фундамент для дальнейшего использования векторных диаграмм при рассмотрении цепей переменного тока.

Таким образом, только на определении понятия, описании колебаний и выводе уравнения колебаний математического маятника мы привлекаем к рассмотрению:

- 1) второй закон Ньютона,
- 2) уравнение моментов,
- 3) движение тела по окружности,
- 4) закон сохранения энергии,
- 5) комплекс сил,
- 6) системы отсчета,
- 7) электромагнитные колебания,

8) элементы волновой оптики.

Эти связи можно представить в виде следующей диаграммы.



Схема №4 Внутрипредметные связи темы «Механические колебания»

Отметим, что указанные внутрипредметные связи отнюдь не исчерпывают все многообразие связей данного раздела физики. Мы рассмотрели только два компонента из достаточно большого объема материала по теме «Механические колебания». Но уже здесь обнаруживается широчайший спектр внутрипредметных связей.

Четвертый цикл модели построения учебного курса предполагает знакомство с максимально широким спектром задач, которые могут быть решены в рамках изученных моделей.

Данный цикл сам по себе может иметь циклическую структуру, поскольку при большом количестве задач можно возвращаться к одному материалу несколько раз на разных уровнях сложности и при использовании различных методов и подходов к решению задач.

В процессе реализации внутрипредметных связей решение задач играет наиболее важную роль. Дело в том, что возможности подбора задач как по тематике, так и по уровню сложности практически не ограничены. Соответственно, с их помощью мы можем задействовать в учебном процессе наиболее существенные связи, подстраивая, адаптируя учебный процесс, в конечном счете, под каждого ученика, что позволяет говорить о возможностях дифференцированного подхода к учебному процессу и о возможностях выделения на этом этапе индивидуальных траекторий обучения.

Так как решение задач позволяет реализовать максимально различные варианты связей, то можно говорить о построении сетевой структуры внутрипредметных связей за счет актуализации не только прямых, но и опосредованных связей.

Последний, пятый цикл является надстройкой над предыдущими и может не выделяться специально отводимыми на него учебными часами, хотя при избытке последних это и можно сделать. Данный цикл должен быть посвящен выполнению учебного или учебно-исследовательского проекта.

Выполняемый школьниками учебный проект замечателен прежде всего тем, что при его выполнении появляется возможность интегрировать системы внутрипредметных и межпредметных связей, создавая тем самым сложную, многоуровневую систему связей.

Оптимально, если проект будет ориентироваться на глубокое изучение явления, рассмотренного в первом цикле, и использование моделей, методов второго и третьего циклов. К тому же выполнению проекта могут способствовать корректно подобранные в четвертом цикле задачи.

Выполнение одного проекта не может покрыть всю систему рассмотренных в учебном курсе внутрипредметных связей. Тем не менее, проект способен покрыть определенную область системы связей (рис. 6).

Описанная выше модель обладает свойствами гибкости и делимости. Прежде всего наполнение модели содержанием в соответствии с основной темой курса может отличаться высокой степенью вариативности, поскольку

от составителя зависит, какой материал он возьмет за основу, какие модели будет использовать, какие задачи предложит школьникам.

Следует отметить, что модель позволяет построить учебный курс в соответствии с движением от рассмотрения реальных объектов и явлений путем абстрагирования к математическим моделям и задачам. Поэтому модель можно адаптировать для разных уровней обучения. Например, для гуманитарного профиля в модели можно оставить первые два-три цикла, существенно сократив или упростив четвертый. Если же мы готовим элективный курс для профильного физико-математического класса продолжительностью в один год, то наполнение модели материалом должно быть максимальным вплоть до разработки перечня тем учебно-исследовательских проектов.

Циклическая модель построения учебного курса, ориентированная на реализацию внутрипредметных связей, имеет определенные трудности в использовании, которые можно прогнозировать заранее. Так, в частности, методисту, определившемуся с компонентами реализуемых в курсе внутрипредметных связей, удобнее будет наполнять курс содержанием с цикла математических моделей, поскольку они являются узловыми точками системы связей. Под уже выбранную систему моделей проще подобрать и задачи, и описываемые этими математическими моделями явления и объекты.

Также может составлять определенную сложность подбор системы задач, максимально полно реализующей внутрипредметные связи. Но, с другой стороны, именно цикл задач может быть построен максимально гибко, отражая специфику предмета и адаптируясь под особенности аудитории.

Подводя итог сказанному выше, отметим, что циклическая модель позволяет оптимизировать структуру учебного курса под процесс реализации внутрипредметных связей, но не менее важно, чтобы под этот процесс был подобран соответствующий учебный материал и использована методика, адекватно отражающая реализуемую систему связей.

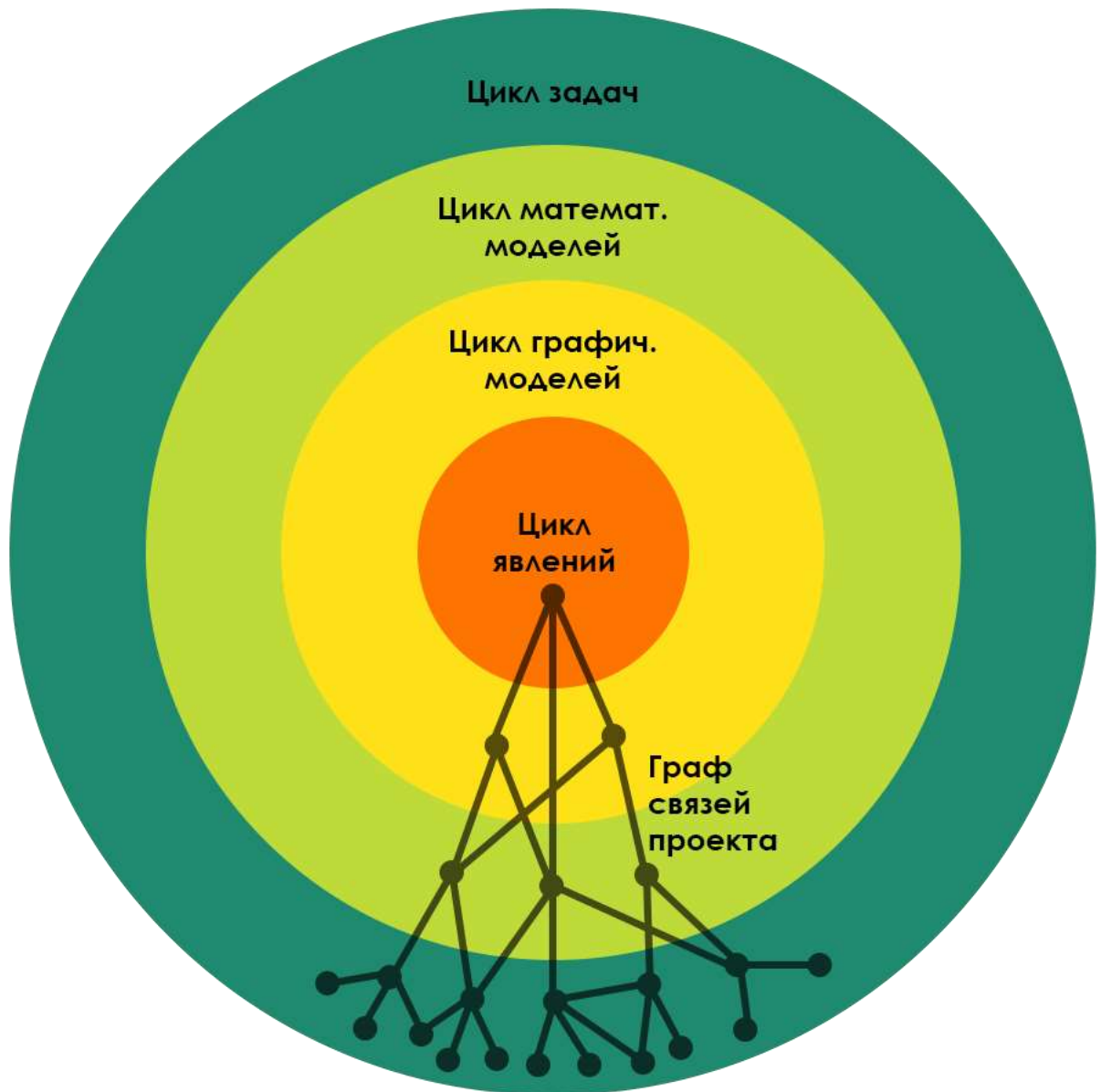


Рис. 6. Графическое представление циклической модели содержания учебного курса и графа связей учебного проекта.

Выводы по первой главе

В первой главе диссертации были проанализированы различные исследования внутрипредметных связей и реализации внутрипредметных связей в процессе обучения физики. Несмотря на существование двух концепции (подходов) В.А. Далингера и А.А. Аксёнова, в данный момент детально проработанной. Проведенный анализ также позволил сделать вывод об отсутствии в психолого-педагогической литературе разработок, посвященных реализации внутрипредметных связей в школьном курсе физики. Исходя из этого, была предпринята попытка создать теоретическую основу реализации внутрипредметных связей в школьном курсе физики.

Необходимым теоретическим фундаментом реализации внутрипредметных связей, естественно, является наличие связей между объектами науки. Внутрипредметные связи выражают структурное единство учебного предмета, систематизируют и обобщают знания, вырабатывают целостное восприятие самой науки у учеников. Сами же внутрипредметные связи являются своеобразной "младшей сестрой" научных связей. Учебный предмет лишь отражает основы науки, не повторяет содержание и структуру самой науки. "...если накопление научных знаний идет по пути дифференциации, когда та или иная наука разделяется на ряд частей, смежных научных областей, то содержание учебного предмета строится по принципу интеграции, когда знания этих смежных областей объединяются в стройную систему научных понятий" [83].

Анализируя изложенное в первой главе, можно сделать вывод о недостаточности разработки вопросов реализации внутрипредметных связей на уровне создания цельной теории. Рассматривались в основном лишь частные вопросы реализации внутрипредметных связей или выстраивались концепции, значительно отличающиеся от предлагаемой в этой работе, где реализация внутрипредметных связей представляет собой лишь элемент одной из форм деятельности [3, 43, 44, 139].

Выделены основные виды внутрипредметных связей курса физики. Среди них можно выделить самые используемые – понятийные и тематические внутрипредметные связи.

В конце главы предложена модель содержания учебного курса, реализующего внутрипредметные связи.

ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Во второй главе исследования рассматриваются процессы реализации внутрипредметных связей в школьном курсе физики; определяются компоненты методики реализации внутрипредметных связей физики в школе; система диагностики эффективности реализации внутрипредметных связей и этапы педагогического эксперимента.

2.1. РЕАЛИЗАЦИЯ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ

В §1.1 и §1.2 мы затрагивали вопросы реализации внутрипредметных связей, но это было эпизодически.

Под реализацией внутрипредметных связей дальше мы будем понимать дидактический принцип, необходимый для построения школьной программы и учебников и обязательно используемый в процессе обучения соответствующей им отрасли знаний.

Реализация внутрипредметных связей – это актуализация таких связей между компонентами учебного процесса, которые обеспечивают формирование у учащихся системности знаний по учебному предмету в единстве с действиями, которые оно вызывает [139].

Для того чтобы у учеников сформировался комплекс понятий, учебных элементов (элементов знаний) и связей между ними, должна быть организована практическая деятельность, в которой в качестве необходимых компонентов была бы заявлена необходимость создания связей как условие и как компонент этой деятельности. В этом заключается фактическая суть реализации внутрипредметных связей.

В качестве основных целей реализации внутрипонятийных связей можно определить: «выделять существенные признаки понятий, сформировать умения переформулировать определения понятия через другую совокупность существенных признаков, умения подводить объект под понятие и выводить следствия из факта принадлежности объекта к объему понятия» [44]. Другими словами, любое понятие мы сможем разделить на компоненты, его составляющие, и между этими компонентами установить определенные связи, которые фактически и образуют само понятие. Например, маятник в курсе физики определится как: «всякое тело, подвешенное так, что его центр тяжести находится ниже точки подвеса» [89]. Используя такое определение, мы можем выделить сразу несколько

компонентов: точка подвеса, центр тяжести, тело. У каждого из них есть определённые связи. Например, тело имеет геометрические параметры, которые влияют на определение центра тяжести. Для успешного усвоения понятия «маятник» надо, чтобы ученик знал и понимал компоненты, его составляющие, и связи между ними. Можно выделить определенный список необходимых связей, которые будут иметь ведущую роль в усвоении тех или иных понятий.

Реализация внутрипонятийных связей может считаться успешной, если происходит определенная деятельность по осознанию тех связей, которые существуют между компонентами понятий. Учебный материал при этом должен быть организован так, чтобы на основе варьирования незначительных свойств (связей), которые будут лежать в основе обобщения.

Роль понятий при изучении любого предмета очень велика, особенно в физике. Каждый раз, рассматривая новый закон, ученик опирается на изученные ранее понятия, таким образом актуализируя эти знания. С другой стороны, изучение каждого нового закона дает возможность расширить, добавить и уточнить знания, которые ученик уже имеет.

В ходе обобщения необходимо, чтобы признак варьировался так, чтобы ученики понимали, по какому принципу происходит варьирование.

Особое значение эта цель приобретает в реализации связей с помощью задач. Если ограничиваться лишь задачами, где тело покоится на горизонтальной поверхности, ученики достаточно быстро начнут связывать определённый рисунок задачи с определенным условием, это может приводить к некоторым ошибкам. Задачи, где поверхность движется или находится под углом, может вызывать у учеников определенные проблемы. Например, к проблемам такого вида можно отнести уже упоминаемую нами типичную ошибку, когда скалярную величину силу реакции опоры в задаче с наклонной плоскостью ставят в равенство с силой тяжести.

Вообще к реализации внутрипонятийных связей применим эффект «силы первого впечатления», который формирует самые прочные связи

именно в момент первого знакомства с понятием. С таким эффектом можно встретиться уже в написании второго закона Ньютона. В зависимости от учебного курса, где ученик встретил его, второй закон Ньютона может определяться как $F = ma$ или $a = \frac{F}{m}$. Такая форма записи может оставаться очень долгое время в сознании ученика. Необходимо организовать такую деятельность, позволяющую усваивать свойства понятия и связи его составляющих. Для физической науки необходимым условием реализации внутрипонятийных связей (да и вообще внутрипредметных связей) является связь с жизненными аналогами и примерами. Такие примеры могут отражать либо верно, либо нет суть научного понятия. Зачастую примеры могут отражать неправильные свойства, но при этом формировать совершенно правильные связи. Большинство учеников воспринимают понятие «сила» как аналог понятия статической силы человека. Такое житейское представление, по сути, не верно, но между тем оно дает совершенно правильный комплекс внутрипонятийных связей. Однозначно точно каждый из учеников понимает, что чем больше масса предмета, тем медленнее мы будем толкать его. И чем «сильнее» человек, тем легче ему толкать груз одной и той же массы. Если в математике такие житейские представления о достаточно абстрактных понятиях тормозят формирование внутрипонятийных связей, то в физике этот элемент зачастую является необходимым для процесса реализации внутрипредметных связей.

Понятия в школьном курсе физике чаще всего вводятся в виде завершенной, сокращенной или свернутой формы. Такой формат не требует самостоятельных выделений свойств у понятий со стороны ученика, так как у них уже имеется перечисление компонентов понятия, что в конечном итоге, конечно же ведет, к тому, что им сложно использовать их при решении практических задач. В подобных определениях для учащихся остаются скрытыми действия, распознающие понятия в изменяющихся условиях и сам процедурный характер получения.

Внутрипонятийные связи раскрываются через действия учащихся, при этом сами действия ни в коем случае не должны быть спонтанными, они должны задаваться учителем.

Аналогичную картину можно продемонстрировать при введении закона сохранения энергии. При обучении особый акцент внимания учащихся необходимо сделать на замкнутых и не замкнутых системах.

Подобные свойства внутрипонятийных связей позволяют делать вывод о педагогической целесообразности введения понятий.

Определенная работа по осознанию внутрипонятийных связей каждого из понятий (или в общем смысле законов) может помочь избежать различного рода ошибок.

Нельзя рассматривать процесс реализации внутрипредметных связей лишь как усвоение системы понятий с установленными в ней связями. Необходимо учитывать также деятельность, в ходе которой происходит это усвоение. Сейчас мы подразумеваем, что реализация внутрипредметных связей проходит не только через содержание, но и через взаимодействие умений и навыков, сформированных ранее, с формируемыми в данный момент.

Сила связи между двумя элементами знаний является величиной динамической. Примером такой динамической связи может выступать притяжение между двумя планетами, оно тем меньше, чем больше расстояние между планетами, по мере удаления одной планеты от другой связь становится слабее, но планеты не теряют своих качественных характеристик, таких как размер, масса и т.д. Все внутрипредметные связи являются динамическими связями, в некотором роде они зависят от "расстояния". В данном случае в качестве расстояния выступает время, которое проходит между изучением первого элемента и второго элемента. Но при этом отсутствие внутрипредметной связи между элементами приводит лишь к обособленному существованию этих элементов.

Реализация внутрипредметных связей в результате обучающей деятельности заключается для учителя в первую очередь в отборе соответствующего материала, содержащего эти связи, в выборе организационных форм, методов и приемов обучения, направленных на наиболее успешное усвоение этого материала. В.А. Далингер предлагает следующую схему деятельности учителя, соответствующую целям реализации [139]:

Постановка методической задачи реализации внутрипредметных связей; уяснение содержания внутрипредметных связей и тех целей, ради которых они реализуются.

1. Анализ различных вариантов решения поставленной методической задачи с учетом конкретного содержания учебного курса.

2. Выявление возможных видов привлекаемых внутрипредметных связей.

3. Выбор оптимального варианта реализации внутрипредметных связей с учетом особенностей изучаемого учебного материала и уровня подготовленности учеников к восприятию учебного материала, структурированного на основе внутрипредметных связей.

4. Выбор таких форм, приемов, методов и средств обучения, которые наилучшим образом позволяют акцентировать внимание на реализуемых внутрипредметных связях.

5. Составление плана-конспекта урока, реализующего выбранный вариант методического решения.

6. Реализация методического решения осуществления внутрипредметных связей на уровне технологии обучения.

С позиции учебной деятельности ученика реализация внутрипредметных связей представляет собой самостоятельную деятельность по усвоению связей между различными элементами учебного предмета, обобщение и систематизация знания.

Процесс реализации внутрипредметных связей можно представить в виде следующей схемы (схема №5).

В рамках решения задачи реализации внутрипредметных связей в курсе физики такая схема имеет следующий вид:



Схема №5

Сгруппировать эти этапы можно следующим образом:

1. реализация связей внутри понятий (внутрипонятийные связи);
2. реализация связей между понятиями (межпонятийные связи);
3. реализация структурных связей.

Например, рассмотрим изучение магнитных явлений при обучении физике в 8 (9) классе. В соответствии с предложенной выше моделью необходимо продемонстрировать школьникам максимально широкий спектр

магнитных явлений, используя при этом в виде «детекторов» магнитного поля железные опилки и магнитные стрелки. Очень важно сразу провести параллель между свойствами природных магнитных материалов и магнитным полем, создаваемым проводником с током. В этом цикле происходит накопление знаний школьников о действии магнитного поля, о возможности его детектирования, о вариантах расположения и интенсивности линий магнитного поля. Таким образом, проходятся первая и вторая стадии (рис. 3) в реализации внутрипредметных связей.

Далее необходим качественный анализ полученных учащимися знаний. Для этого вводятся соответствующие понятия и используются графические модели магнитного поля. Данные модели тем проще усваиваются учащимися, чем больше экспериментов с железными опилками мы продемонстрировали. Соответственно, второй цикл графических моделей в данном случае будет включать с третьей по пятую стадии, поскольку здесь введенные физические понятия обобщаются и связываются в группы.

Цикл математических моделей здесь представлен минимально, поскольку используемые правила правой и левой руки лишь закладывают основу для более позднего обращения к математической форме физических законов. Тем не менее, обращение к законам и их использование при решении задач (заключительный цикл модели содержания курса) позволяют на качественном уровне выделить связи между ними, а также проследить связь электрических и магнитных явлений как проявления единого электромагнитного поля, что возводит полученные учащимися знания в ранг системообразующих.

Как мы уже упоминали в §1.1, внутрипредметные связи имеют прямое отношение к качеству знания. Во время перехода с одной группы этапов на другую как раз реализуются некоторые из качеств знания. Переход от внутрипонятийных связей к межпонятийным формирует такое качество

знания, как систематичность. Переход от межпонятийных связей к структурным связям характеризуется появлением у знаний системности.

Основное требование к реализации внутрипредметных связей в учебном курсе – единая научная концепция, которая последовательно развивается, накапливая и расширяя внутрипредметные связи в ходе изучения материала курса.

Такая единая научная концепция, положенная в основу учебного материала школьного курса физики, призвана не только сформировать понятия в единой системе, но и усилить связи между этими понятиями. В таком случае все понятия трактуются с единой точки зрения и соблюдается преемственность между ними. Проведение единой концепции предполагает наличие не только теоретического материала, но и систему задач, в противном случае у учащихся не формируется комплекс действий и ориентации в учебном материале.

В процессе изучения физических понятий мы зачастую движемся по своеобразному пути «снизу вверх», когда сначала изучаются реальные предметы, а потом идеальные или математизированные объекты (ключевым требованием к понятиям выступает его согласованность с естественными интуитивными представлениями о нем). Другими словами, мы обобщаем, тем самым подводя ученика к все более широким понятиям. Естественно, необходимым условием в таком случае является выделение наиболее широких и важных понятий. Такие понятия мы будем определять с помощью следующих признаков:

- способность формировать научное мировоззрение;
- служат средством изучения многих вопросов физики;
- должны активно участвовать (а соответственно, и использоваться) в процессе обучения на больших отрезках времени;
- способствовать реализации внутрипредметных связей.

Таковыми понятиями в курсе физики являются сила, импульс, материя и д.р. (о причинах подобного выбора остановимся в § 2.2)

Выделение таких ведущих понятий способствует систематизации всей структуры курса. Важно отметить, что понятия сами по себе не несут никакой пользы и ведущей роли. Это вступает в некоторое противоречие со сказанным выше. Ведущую роль имеют связи, устанавливаемые между этими понятиями, только в контексте существования этих связей понятия приобретают важную роль. Вне существования этих связей понятия как таковые существовать тоже не могут. «Понятия не могут существовать в отдельности друг от друга, они взаимообусловлены, взаимосвязаны» [139]. Корни таких утверждений восходят еще к работам Л.С. Выготского: «...без каких-то определенных отношений к другим понятиям было бы невозможно и существование каждого отдельного понятия. ... Таким образом, самая природа каждого отдельного понятия предполагает уже наличие определенной системы понятий, вне которой оно не может существовать.» [29].

Наметив ведущие понятия и перестроив учебный материал под них, можно определить ведущие содержательно-методические линии. Планируя структуру изучаемого материала, приходится определять, какие разделы и в какой последовательности будут изучаться, при этом обязательен учет связей, которые следует установить между этим материалом, пронизав всю структуру курса, в противном случае материал потеряет ее. Такое происходит из-за того, что эти связи лежат в основе логической структуры и без них возможность существования структуры теряет всякий смысл.

На этом этапе было бы логичным сделать предположение о необходимости как можно более раннего введения ведущих понятий. Такая точка зрения, хотя и имеет место быть в некоторых методических работах, содержит в себе элемент ошибочности. Многие ведущие понятия имеют высокий порог абстрактности, и потерять объективные основания, из которых они выводятся, недопустимо. В этом случае знания станут бездейственными, и это приведет к «бесплодности, преждевременное введение абстракций вызывает сопротивление учащихся, которые до того, как принять понятие, хотят знать, почему оно вводится и как оно может быть использовано» [27].

Необходимо отметить, что развитие науки физики в историческом плане уже предоставляет достаточную систематизацию и обобщенность для понятий. Но далеко не все должно следовать за историческим развитием самой науки. «Разумное сочетание исторического и логического – единственно правильный путь решения проблемы, при этом история науки в школьном курсе должна выглядеть не как “история достижений”, а как “история постижений”» [44]. Основная задача, таким образом, предполагает поиск оптимальной структуры курса и выделение в нем ведущих понятий и связей между ними. Но это все не гарантирует реализации внутрипредметных связей. Необходима определенная деятельность, направленная на реализацию этой системы связей.

Реализацию внутрипредметных связей с помощью языка науки в физическом образовании с большей степенью можно отнести к обучению в 7-9 классах. Обучение в старшей школе фактически повторяет материал средней школы, расширяя и дополняя комплекс внутрипредметных связей. При этом сильной смены языка науки не происходит.

Языку учебного материала как средству реализации внутрипредметных связей необходимо отражать структурные связи между различными понятиями курса. Связь организуется и за счет определения понятий.

Для понимания учеником структуры определения физических понятий учитель должен специально организовать соответствие между словом и символом, символом и термином, символом и понятием, т.е. должна поясняться целесообразность введения символической записи.

Определенную роль в реализации внутрипредметных связей имеет и наглядность. Наглядность позволяет соотнести чувственное восприятие с предшествующими знаниями, в этом контексте мы будем рассматривать наглядность как средство, способствующее включению личностного опыта, представления и восприятия в умственную деятельность, и как инструмент реализации внутрипредметных связей.

К наглядным средствам в физике можно отнести таблицы, схемы, графики, и конечно же, физический эксперимент. Сюда же мы отнесем физическую знаковую символику. Если смотреть глубже, символика в физике выполняет роль основы для практических действий и мышления. С помощью знаковых моделей физика отражает все объекты реальности, и знаковая символика служит средством фиксации и передачи содержания понятия, идей и процессов рассуждения, предпосылкой широкого переноса усвоенных приемов умственных действий на новые познавательные задачи. Именно эти свойства символов и знаков позволяют им выступать средством реализации внутрипредметных связей. «Сами по себе символы, формулы, уравнения, при помощи которых формируется модель, ничем не напоминают того объективного содержания, которое с их помощью выражается. Однако определенные правила чтения этих знаков, правила понимания их взаимоотношений, соотнесение с этими символами некоторых характеристик объекта позволяют человеку воссоздать в своем мышлении необходимые образы и понятия, связать их в единое целое» [12].

Символьная запись в физике зачастую имеет прямое отношение к математике и математической записи. Связи, образованные таким образом, можно даже назвать межпредметными. С другой стороны, связь математики и физики совершенно иная, в отличие от связи с химией, биологией и другими предметами естественно-математического цикла.

Поэтому имеет смысл в дальнейшем связи, образованные с помощью математики в физике, называть внутрипредметными.

Далеко не всегда структура и текст учебника соответствует наиболее эффективной последовательности этапов формирования внутрипонятийных связей и самих понятий. В.А. Далингером выделены следующие этапы, оптимально формирующие понятия и связи внутри и между ними [139]:

- рассмотрение примеров объектов, входящих в объем понятия;
- введение термина, обозначающего понятие;
- рассмотрение примеров объектов, не входящих в объем понятия;

- выделение существенных признаков и формулирование определения понятия;
- сообщение дополнительных сведений, в частности, указание несущественных признаков понятия;
- систематизация знаний.

Если автор текста учебника пропускает определенные этапы в формировании понятий, учителю, со своей стороны, необходимо восполнять их. Только в таком случае наступает осознание понятия и оно усваивается полностью.

Одну из ведущих ролей в формировании понятий и законов играют практические задания. Зачастую в педагогической практике можно столкнуться со случаем, когда ученик абсолютно точно формулирует понятие или закон, но при этом оказывается бессилён в применении его в ходе решения задачи или применяет неправильно. Для примера возьмем качественную задачу: «Частота тока в сети переменного тока 50 Гц. Сколько раз за секунду мигает лампа, подключенная к такой сети?». Львиная доля учеников отвечает на этот вопрос: «50 раз». При этом большинство из них абсолютно точно знают определение частоты и единицу измерения. Большая часть может нарисовать график колебания тока в сети (представляющий собой обычные гармонические колебания). Неумение применить знания на практике обнаруживает формальность.

Формализм знаний всегда становился серьезной преградой в обучении. Самый общий способ снятия формализма в знаниях можно сформулировать так: необходимо усилить связи представлений интуитивно-опытных с логическим формализмом, кроме этого, нужно повышенное наглядно-смысловое представление изучаемых знаний. В курсе школьной физики есть сразу несколько вариантов решения проблемы формализма знаний – лабораторные работы, проектные задания и задачи. Задачи во многом играют ведущую роль, так как могут своевременно и быстро закрепить знания и внутрипредметные связи между ними.

На самом деле физический язык уже позволяет провести необходимую пропедевтику к большинству понятий физики. Тут нужно сделать уточнение, что физический язык школьной физики представляет собой во многом обычный математический язык.

Хотя основной акцент реализация внутрипредметных связей и принимает в 7-9 классе (для физики), она не исчезает в старшей школе. Материал фактически повторяется, но математический язык, который используется для описания, принимает все более строгий характер, что в значительной степени способствует реализации внутрипредметных связей. Происходит большая реализация внутрипредметных связей с помощью языка науки.

Как мы упоминали выше, успешное усвоение знания необходимо для формирования логических приемов мышления. Успешное усвоение знаний включает в себя и реализацию внутрипредметных связей, в противном случае мы не можем назвать усвоение знаний успешным. К логическим приемам мышления относятся сравнение, аналогия, выведение следствий и другие.

Реализация внутрипредметных связей идет успешнее, если ученики пользуются такими логическими приемами, как аналогия и сравнение. «Благодаря сравнению объектов, явлений, процессов человек получает возможность мыслить глубже и получает наиболее прочные и осмысленные знания» [139].

Реализация внутрипредметных связей в педагогической практике решает сразу несколько вопросов. Среди ключевых функций можно выделить следующие:

Философская (мировоззренческая)

Одной из основных целей изучения школьного курса физики является формирование у школьников физической картины мира и научного мировоззрения. Соответственно, в основе философской функции внутрипредметных связей должно быть положено формирование физической картины мира. Действительно, внутрипредметные связи позволяют создать

логически выверенную, непротиворечивую структуру знаний, которая, будучи интериоризована учащимися, становится основой для построения системы знаний об окружающем нас мире. Уже здесь хорошо прослеживается существенная разница в функциональной нагрузке внутрипредметных связей курса физики в сравнении с их аналогами из курса школьной математики.

Кроме того, философская функция внутрипредметных связей отражает основные философские категории, такие как часть и целое, причина и следствие, сущность и явление, элемент и структура и т.д. Например, соотношение элементов знаний в общей структуре знаний учащихся является простейшим представлением системы внутрипредметных связей.

Очень глубокий физический смысл несет отношение части и целого, поскольку именно в школьном курсе физики зачастую приходится переходить от более общих законов к частным путем либо абстрагирования, либо введения дополнительных условий, ограничивающих поведение изучаемых объектов.

Иногда в школьном курсе физики данные категории могут иначе формулироваться, сохраняя свою смысловую нагрузку. Например, пара «причина и следствие» может предстать в виде «воздействие и отклик» при рассмотрении поведения физической системы.

При этом каждая из пар философских категорий, преломившись в учебном материале курса физики, должна быть трансформирована в устойчивую связь между знаниями учащегося с использованием средств методики обучения физике.

Развивающая

Развивающая функция представляется продолжением философской, так как связи являются одним из самых действенных инструментов развития логического мышления. Причинно-следственные связи, с одной стороны, являются основой для логических выводов, а, с другой стороны, парная категория «причина и следствие» при обучении физике служит основой для внутрипредметных связей. Соответственно, опираясь в основных процессах

мышления, в частности, в анализе условий физических задач и синтезе решений, на причинно-следственные связи, учащиеся обращаются к тому арсеналу внутрипредметных связей, которым они располагают. А, делая выводы, то есть, выявляя новые для себя связи, способны и обогатить систему внутрипредметных связей.

Также для развития процесса мышления очень важными представляются объем и связность системы знаний учащихся. И если объем знаний простым запоминанием можно нарастить достаточно быстро, то обеспечить знаниям высокий уровень связности можно лишь с адекватным развитием осознания учащимися внутрипредметных связей.

Языковая

Языковая функциональная нагрузка внутрипредметных связей школьного курса физики имеет два направления. Прежде всего, связи показывают общность языка науки (в рамках самой науки) и его возможности к описанию любых явлений в рамках этой науки. Здесь ярким примером может быть описание законов Всемирного тяготения и Кулона на языке математики, позволяющее транслировать многие свойства гравитационного взаимодействия на взаимодействие электрических зарядов, и свойства электростатического центрального поля на поле силы тяготения, что приводит к обогащению системы внутрипредметных связей.

Кроме того, возвращаясь к развивающей функции, в процессе изложения результатов построения логической цепочки, выстроенной посредством обращения к внутрипредметным связям, в устной или письменной форме учащиеся развивают, соответственно, устную и письменную речь. Причем в рассуждениях учащиеся опираются именно на сформированные у них связи. В процессе решения задачи ученики пользуются связями для обоснования своих выводов, отображая цепь умозаключений в виде формул и пояснений к ним, тем самым развивая письменную речь.

Отметим, что возможность проследить за рассуждениями учащихся по их изложению решения физической задачи служит основой для построения

диагностики процессе использования учениками тех или иных внутрипредметных связей.

Функция уменьшения «сброса знания»

«Сброс знаний» заключается в постепенном забывании некоторых давно не используемых элементов знания со временем. Поскольку во главу угла в процессе реализации внутрипредметных связей ставится их актуализация, то есть, использование усвоенных знаний при узнавании, воспоминании и воспроизведении, то обращение к системе внутрипредметных связей позволяет поддерживать знания в активном состоянии. Причем, чем шире система реализуемых связей, тем больший объем знаний можно удерживать от «сброса».

Функция снятия формализма

Одна из самых существенных проблем обучения физике состоит в формальном отношении учащихся к знаниям, заключающемся в минимальном использовании полученных знаний для выстраивания умозаключений. Иначе говоря, полученные знания представляются необходимыми учащимся только при изучении только текущей темы, раздела. Постоянная реализация внутрипредметных связей между знаниями, включает их в общую систему мышления, снимая формализм.

Пропедевтическая

Пропедевтическая функция внутрипредметных связей состоит в том, что реализация связей позволяет осуществлять подготовку к изучению последующего материала. При изучении физики пропедевтические акценты необходимо проставлять достаточно точно, поскольку большой объем материала в изучении обращается к изученному ранее. Причем в оптимальном случае в упрощенном варианте предлагаемый к изучению материал необходимо рассмотреть в контексте и при изучении предыдущего материала.

Изучаемый в современной школе курс физики имеет особенность. Он состоит из двух концентров, то есть, изучение материала в первом цикле (7-9 классы) получает свое развитие в обучении физике в старшей школе. Таким

образом, каждое физическое понятие, каждый закон, изученные на первом этапе, «обрастают» новыми свойствами и соотношениями, обогащая сформированную ранее систему связей.

Интенсифицирующая

Обучение с опорой на актуализированную систему внутрипредметных связей учащихся позволяет ускорить учебный процесс без ощутимых дополнительных затрат времени, за счет уплотнения знаний и учебного материала. Это происходит за счет применения уже известных приемов, законов, аналитических действий, доводимых со временем до автоматизма, что в свою очередь позволяет говорить о поддержании системы внутрипредметных связей в активном состоянии и противодействии «сбросу знаний».

К данным функциям можно отнести еще одну: снятие перегрузки учеников посредством реализации внутрипредметных связей, что позволяет интенсифицировать процесс обучения и сделать определенный акцент на ключевых явлениях и понятиях. Пропедевческая функция подготавливает к изучению новых знаний. И сумма этих функций дает возможность изучать материал больше и интенсивнее, при этом будучи более подготовленным к этому новому материалу, снижая тем самым нагрузку. Это свойство особенно важно в старших классах, где уровень нагрузки заметно возрастает.

Некоторыми исследователями внутрипредметных связей выделяется еще и возможность к повышению качества знания благодаря постоянным обращениям к старому материалу при изучении нового. Но это, скорее, можно считать обобщением нескольких функций, описанных выше (системообразующей, пропедевческой, снятия формализма и уменьшения «сброса знания»).

Существует и обратная сторона. Сам процесс реализации внутрипредметных связей со стороны ученика требует постоянного внимания, хорошего знания предыдущих тем.

Одним из самых эффективных методов реализации внутрипредметных связей является решение задач. Задачи при этом могут быть совершенно разнообразными: текстовые, графические, исследовательские и т.д.

Стоит отметить, что реализация внутрипредметных связей в ходе решения задач является «частной методической проблемой, а ее решение вне зависимости от принадлежности последних к той или иной теме и разделу курса носит общеметодический характер» [3].

Для наличия интерференции навыков есть несколько причин:

- склонность учеников к стереотипному мышлению;
- связи, которые были образованы ранее, имеют бóльшую прочность, чем формирующиеся в данный момент;
- сходство ранее сформированных способов действия с новыми;
- доминирование ассоциативных связей над смысловыми;
- стремление к автоматическому применению теоретического материала без должного анализа возможности его применения как следствие стереотипного мышления.

По сути, решение задач предполагает некоторую сформированность у учеников возможности переключиться с отдельных законов, явлений и понятий на изучение связей (отношений) между ними. Перед тем как решать задачи, мы формируем комплекс знаний, в дальнейшем небольшой блок задач (тот самый цикл задач, который мы указывали в модели курса) мы одновременно актуализируем выученные знания, избегаем формализма в них. В целом задачи выполняют своеобразную роль микроповторений. Как мы упоминали выше, повторение выполняет важную роль по реализации внутрипредметных связей.

В качестве примера приведем путь решения проектной задачи учащимися 11-го класса, работавшими над темой: «Проблемы и перспективы развития двигателестроения».

Каким путем происходит решение задачи? Вначале ученики пытались придумать возможные способы повышения коэффициента полезного действия

двигателей путем улучшения имеющихся конструкций двигателей. В данном случае они обращаются к недавнему опыту относительно похожих задач (при этом полагая, что пути повышения КПД – наиболее актуальная задача). Пытаясь обратиться к имеющемуся опыту, вначале они рассматривали только двигатели внутреннего сгорания. Возникают предположения по возможному упрощению конструкции, уменьшению трения и использованию альтернативных видов топлива. Часть учеников рассматривала конструктивные изменения новых ДВС, используемых в Формуле-1 по сравнению с классическими. Часть учеников, пытавшихся рассмотреть альтернативные виды топлива, наталкивается на идею использования других видов двигателей. Выдвигает идеи об электрических двигателях, ядерных и даже термоядерных.

В рамках данной работы мы не ставим целью дать полное описание психологических и физиологических процессов мышления в ходе решения задачи. На данный момент важно проследить путь решения задачи в рамках взаимодействия мышления и системы внутрипредметных связей, не останавливаясь на том, кто поставил задачу, и не рассматривая возникающие побудительные мотивы для решения поставленной задачи. Скажем лишь, что есть некая поставленная задача, требующая решения.

В самом общем случае решение задачи происходит по сложившемуся у ученика методу умственной деятельности, опирающемуся на совокупность имеющихся знаний. Происходит анализ задачи и соотнесение с категориями уже известных задач. «Выделение существенных сторон и сравнение с существующими знаниями для нахождения тех систем или той системы, ближе всего соотносящихся с данной задачей, – вот что является необходимым условием решения задачи» [35].

Первоначально актуализируется наиболее близкая к данному виду задачи система знаний. Если данный шаг не дает результата, начинается перебор «отдаленных» систем знаний, который управляется той или иной выбранной аналогией с актуализированными. Все это происходит за счет

обращения к системе внутрипредметных связей. Фактически учеником на каждом шаге сравнивается комплекс выявленных внутрипредметных связей с похожими совокупностями связей, сформированных ранее.

Обычно поиск проходит более или менее систематично, сопровождаясь проверкой различных путей решения: мысленной или действенной. Можно отметить, что сначала ученики останавливаются на системе знаний наиболее близко соотносящейся с задачей (*это знания, относящиеся к механическим двигателям внутреннего сгорания*). В дальнейшем задействуются более отдаленные системы связей, на первый взгляд, меньше соотносящиеся с данной задачей. При должном уровне абстрагирования путей решений от конкретных условий часть из них будет отсеиваться «на лету», оставив лишь некоторую совокупность общих принципов решения для дальнейшего сравнения и соотнесения. Ключевую роль в таком «ускорении» выбора способа решения играет систематизированность внутрипредметных связей. Способность построить максимально большую базу сравнения связанных с условием задачи внутрипредметных связей гарантирует быстроту поиска оптимальных методов решения. В условиях данной задачи идеальная система внутрипредметных связей, скорее всего, подсказала бы в качестве первоначальной гипотезы не поиск путей повышения КПД двигателей внутреннего сгорания, а возможность найти альтернативные варианты двигателей с более высоким КПД.

Построение возможных путей решения, мысленная проверка, отброс отрицательных и выбор положительных сравнений возможны в связи с определенным образованием многообразных внутрипредметных связей (с той общей системой, формирующейся на протяжении всего обучения). Собой это представляет процессы анализа и синтеза, опирающиеся на систему внутрипредметных связей, глубина этой системы характеризует подвижность умственной деятельности в ходе решения задачи [139].

Ход решения задачи можно представить в виде некоторой схемы. Предположим, что с некоторым условием однозначно связан некоторый

способ действия, который заведомо приведет к правильному решению. В этом случае не имеет смысла говорить о решении задачи. Такая ситуация не требует выбора, анализа, синтеза (схема №6).

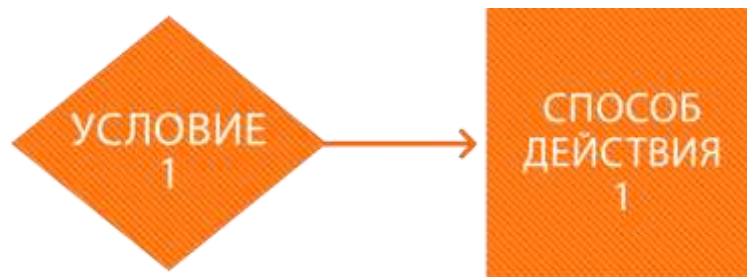


Схема 6

Тело отпустили с некоторой высоты без начальной скорости, определите скорость тела в момент падения на землю, если оно падало 6 секунд. В данном случае не требуется мышление, к данному условию уже есть ранее сформированный способ действия: использовать уравнение движения без начальной скорости для свободного падения тел - $V = gt$, в которое требуется подставить лишь численные значения.

Поменяв время падения на 10 секунд, мы принципиально ничего не изменим, задача остается той же по содержанию.

В итоге, сопоставив к определенному образу условия способ действия, в дальнейшем решение задач такого же вида не дает сколько-нибудь существенного вклада в умственную деятельность, а развивает стереотипность мышления.

Однако при наличии двух условий, с каждым из которых связан свой способ действий, уже требуется некоторый отбор (схема №7).



Схема 7

Предположим, ученик качественно усвоил два различных способа действия для решения задач: кинематический и энергетический, рассмотрим решение следующей задачи.

Тело бросили со скоростью 7 м/с под углом 60 градусов к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, на какую максимальную высоту h поднимется данное тело?

В данном случае существует элементарный анализ, решать задачу с кинематической или энергетической точки зрения. Рассмотрим решения в общем виде каждым из способов.

Кинематический способ решения:

$$h = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_y = v_{0y} - gt \Rightarrow t = \frac{v_{0y} - v_y}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g},$$

$$\text{т.к. } v_y = 0$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Энергетический способ решения:

Выберем в качестве нулевого уровня энергии точку броска

$$E_{k1} = \frac{m v_0^2}{2},$$

На максимальной высоте

$$E_{k2} = \frac{m v^2}{2}, E_{p2} = mgh,$$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + mgh,$$

$$v = v_x = v_0 \cos \alpha,$$

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Фактически оба способа решения равноценны (по сложности и временным затратам на решение). Этот выбор требует осознанной умственной деятельности. В дальнейшем он в большей степени автоматизируется. Происходит выбор «привычного» способа действия. В такой ситуации анализ требуется лишь на этапе выбора варианта способа действия. В этом состоит главная проблема решения большого количества однотипных задач. С одной стороны они формируют общий шаблон решения, с другой стороны, на определенном этапе, когда процесс автоматизируется, они перестают приносить пользу, то есть решение большого количества однотипных задач не приносит пользы.

В каком же случае имеет смысл говорить о решении задачи? Он появляется тогда, когда есть некоторое условие, отличающееся от тех, к которым в соответствие поставлен способ действий. На первом шаге в таком случае происходит сравнение исходного условия с типовыми, уже известными (схема №8).



Схема 8

Для решения такой задачи приходится сравнивать составляющие условий. Предположим, в условии 3 мы можем выделить некоторый набор элементов. В роли набора элементов выступают явления, понятия и внутрипредметные связи, которые можно получить из условия. Самый простой и распространенный способ заключается в выделении хотя бы одного сходного элемента в двух условиях, что позволяет заключить некоторое тождество между условиями (схема №9).

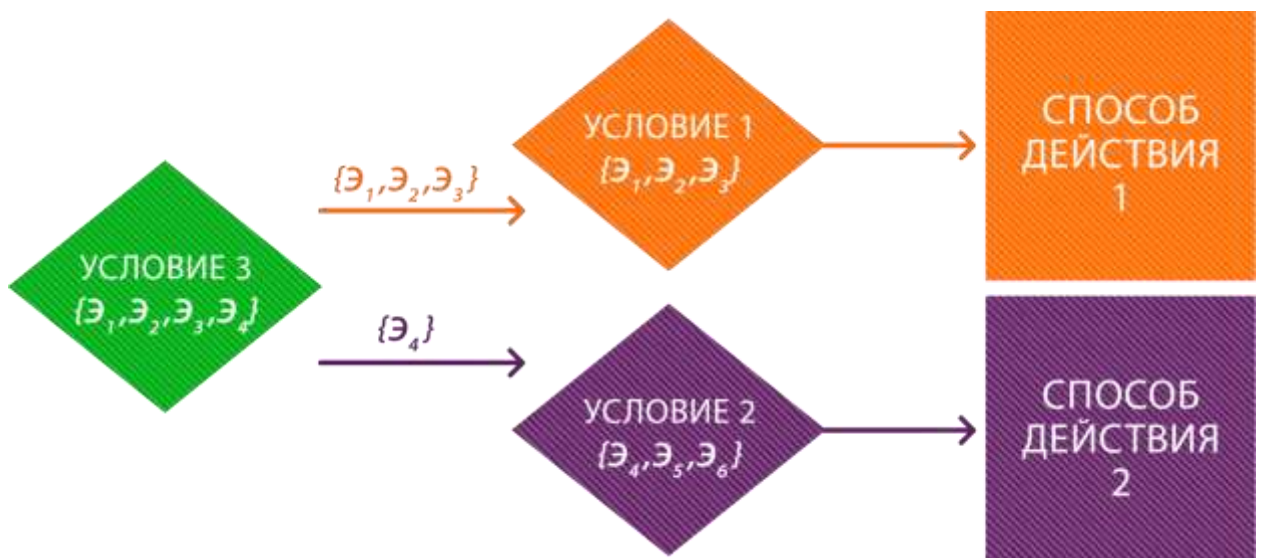


Схема 9

Такое решение зачастую может быть ошибочным. Схожесть по одному (или нескольким элементам) не дает однозначный ответ на тождество между условиями, поскольку не учитывается степень значимости каждого элемента в условии.

В качестве примера можно привести классический случай из школьной физики. Решение типовых задач на законы сохранения призвано сформировать определенный алгоритм действия. Получив задачу, отличную от стандартной включением в условие действия сил трения, в случае, когда мы не учитываем роль значимости того или иного элемента условия, осуществляется переход на «знакомую тропу» и применяются законы сохранения. В таком случае упускается важный элемент условия – наличие сил трения. Примером этого является задача вычисления скорости падения тела в вакууме и в атмосфере. В целом задачи похожи, общим является падение тела с некоторой высоты, но во втором случае законы сохранения выполняются с некоторыми дополнениями.

В данном случае единственный элемент условия, не совпадающий с «образцом», – сила сопротивления среды, в которой падает тело. Решение задачи по уже «накатанному» способу приведет к ошибке, потому что не учитывается ключевая роль отдельного элемента условия.

Поэтому задача первоначального анализа условий заключается не только в выявлении сходных элементов условия, но и в определении, какую роль играют все элементы в условии, насколько они являются для него определяющими. Следовательно, ключевая проблема состоит в определении существенных сходств и несущественных различий.

Установление сходства, аналогии между известными и неизвестными, между различными явлениями представляет собой первичный синтез, или первоначальную гипотезу, без которой невозможна творческая деятельность и вообще любая умственная деятельность [139].

Рассматривая процесс решения задачи, сейчас мы излишне кибернетизировали его. Мы полагаем, что все решение задачи представляет

собой простой последовательный перебор определенных пар «условие-способ решения» с целью найти подходящий под данную задачу вариант. Основная проблема такого подхода состоит в невозможности объяснить некоторое «предвидение» решения задачи, в ходе которого откидываются заранее неподходящие или выбираются оптимальные пары «условие-способ действия». Например, подобное «предвидение» позволяет не проверять схожесть условия задачи на кинематику с задачами на термодинамику. Так что же позволяет нашему мышлению отбрасывать «на лету» заведомо неподходящие варианты решения задачи? Объяснение может крыться во внутрипредметных связях. Рассмотрим это на примере решения задачи.

Тело бросили со скоростью 12 м/с под углом 45 градусов к горизонту. Определите, на какую максимальную высоту h поднимется данное тело, если сопротивление воздуха пропорционально квадрату скорости движения тела.

Эта задача во многом похожа на предыдущую: тело бросают под углом к горизонту с начальной скоростью и также надо узнать высоту, на которую тело поднимется.

При хорошо (и корректно) сформированной системе внутрипредметных связей происходит сравнение не различных элементов условия, а совокупности внутрипредметных связей этой задачи, для данного случая она должна быть примерно следующей (Схема 10)

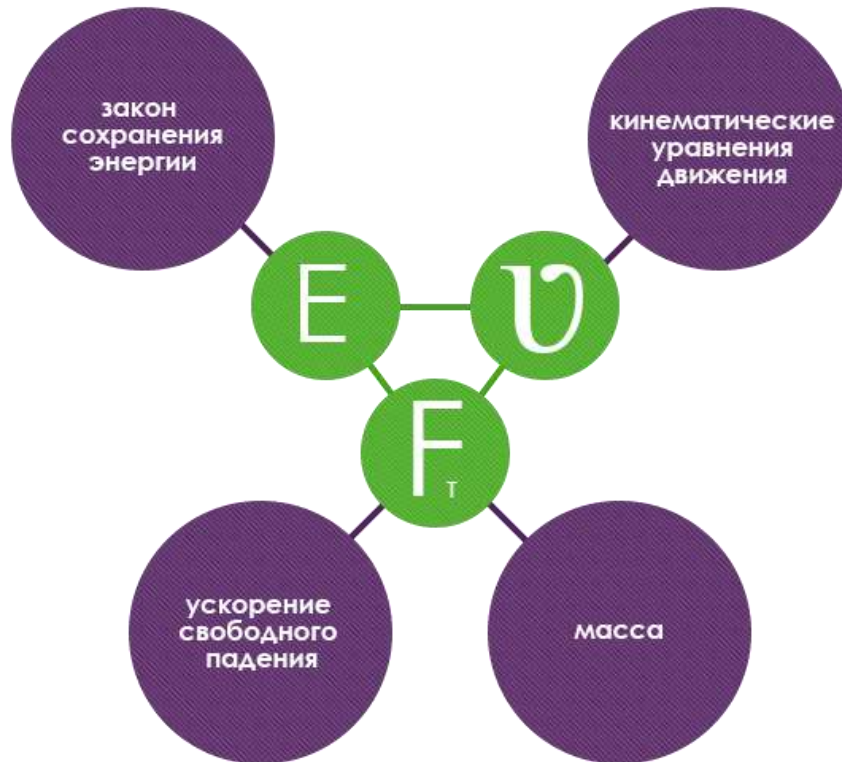


Схема 10

Такая система, используемая для сравнения, является своеобразным «отпечатком» задачи (точнее, условия задачи). Она позволяет найти наиболее близкие задачи не по схожести элементов условия, а по схожести затронутых внутрипредметных связей. Сейчас мы можем отчетливо наблюдать присвоение определенного приоритета элементу условия (в данном случае силе сопротивления). Вместе с энергией они связаны жестко законом сохранения энергии для неконсервативных систем, то есть фактически такая система нам уже сообщает о невозможности пренебрежения определенным элементом условия.

Сравнивая с системой внутрипредметных связей прошлой задачи, уже можно заметить намного больше различий (схема №11).

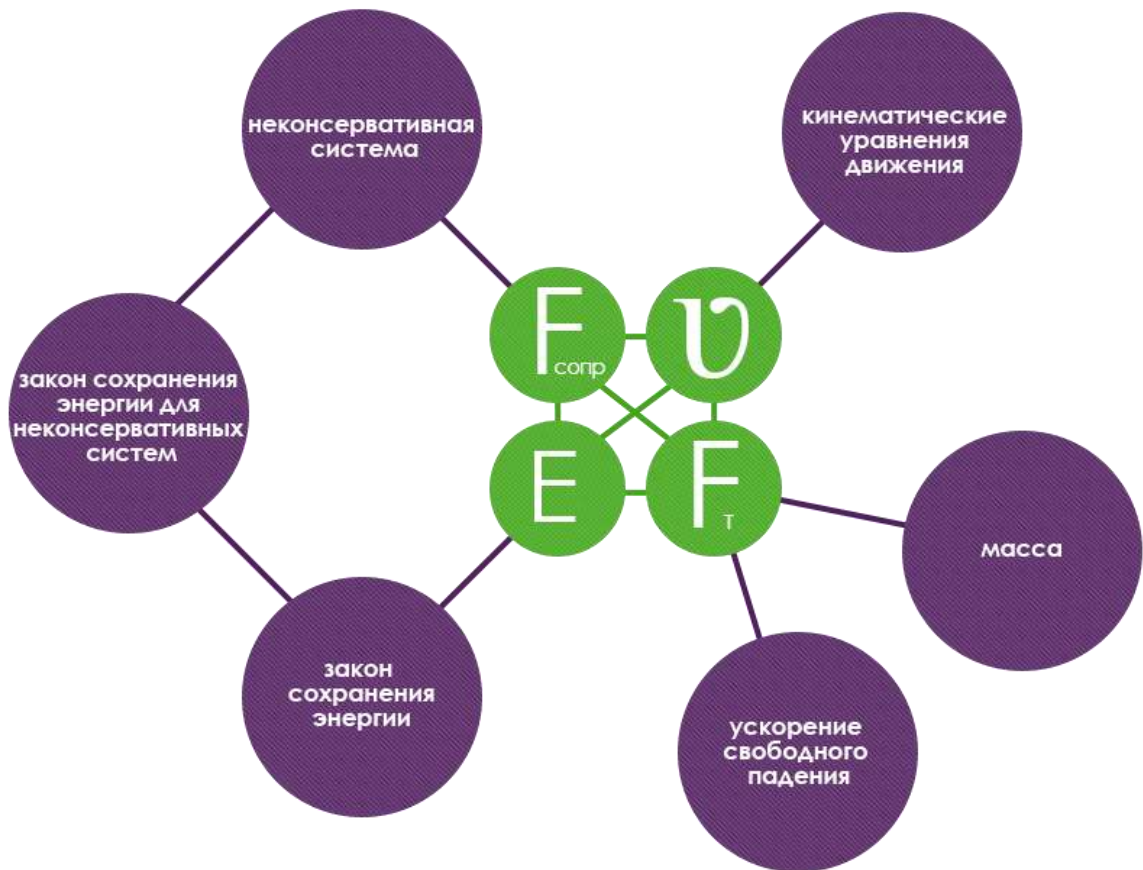


Схема 11

Подобный подход позволяет решить сложную проблему оценки состояния системы внутрипредметных связей. Как мы могли убедиться выше, достаточно простые задачи позволяют наблюдать сформированность конкретных внутрипредметных связей. Если связи не сформированы или были созданы «неправильные» связи, решение задачи пойдет по неправильному пути. Специально подобранный комплекс качественных или расчетных задач позволяет определить необходимые направления по совершенствованию системы внутрипредметных связей.

На практике это выглядит так: ученики, положив в основу внешнее сходство двух условий, ошибочно решали задачу, не учитывая некоторые детали условия. Фактически тут мы имеем дело с некоторой разновидностью отрицательных связей (о которых упоминали раньше), проведенных между двумя условиями. Естественно, такие отрицательные связи необходимо

учителю в своей деятельности предвидеть и вести работу для предотвращения появления таких связей.

Таким образом, построение гипотезы для решения задачи, даже в ее первоначальном виде, опирается на какие-то элементы системы внутрипредметных связей, но тут еще нет тщательного анализа отобранных для гипотезы связей. Отбор происходит только по признаку схожести элементов, при этом по большей части игнорируются несхожие элементы. Другими словами, это нахождение сходства в сравниваемых явлениях в том комплексе внутрипредметных связей, с которыми они связаны. Соответственно, напрямую на уровень качества гипотезы влияет сформированный комплекс внутрипредметных связей. Качественная и обширная система внутрипредметных связей позволяет найти неявные, невидимые на первый взгляд сходства в сравниваемых явлениях, а также присвоить определенные приоритеты некоторым элементам в ходе решения задачи.

Результаты педагогической практики говорят о том, что ученики, способные к быстрому решению качественных или расчетных задач, вероятнее всего имеют способности к изучению физики много выше, чем вероятность обратного. Сущность данного феномена можно объяснить по-разному, но все объяснения в конце концов можно свести к внутрипредметным связям.

Обширная и «правильная» система внутрипредметных связей приводит к тому, что ученик намного проще ориентируется в знаниях в ходе решения задач. Чем легче ученик перемещается по цепочке знаний, тем легче ему включать в систему этих знаний новые элементы и осознавать их.

Возможность решать задачи и возможность успешно изучать материал являются, таким образом, производными существования внутрипредметных связей и их «качества».

Задачи, обычно предлагаемые для решения при обучении физике в школе, можно условно разделить на группы по содержанию (качественные задачи,

расчетные, графические и экспериментальные) и по уровню сложности (тривиальные, среднего уровня сложности и олимпиадные). Поскольку достаточно большой объем физических задач носит характер расчетных и соответствует среднему уровню сложности, то задачи данного типа мы будем называть «традиционными».

Также можно выделить еще один тип задач – исследовательские. Задачи данного типа интегрируют в себе свойства других типов задач и могут предлагаться школьникам для решения в ходе проектной деятельности.

Тривиальные физические задачи

Тривиальными мы будем называть задачи, которые в определенной учебной ситуации не требуют для решения знаний физики, как таковых. Для решения подобных задач требуется лишь умение правильно подставить данные в формулу и минимально ее преобразовать.

В качестве примера тривиальной можно привести задачу из учебника [108].

«Тело движется вдоль координатной оси ОХ. Направления начальной скорости и ускорения совпадают с положительным направлением оси, а их модули равны $v_0 = 4$ м/с, $a = 2$ м/с². Определите скорость через 4 секунды от начала отсчета времени».

Для решения этой задачи ученику достаточно подставить числовые значения величин в формулу, приведенную в тексте учебника. Задачи данного типа наименее эффективно способствуют реализации внутрипредметных связей, поскольку учащемуся не требуется выбрать подходящую для решения формулу, она уже предложена ему.

Тривиальные задачи направлены в большей степени на оттачивание расчетных навыков, которые тоже необходимо развивать у школьников, но в большей степени подобные задачи относятся к математике. Недаром задача с физическим содержанием именно этого типа включена в ЕГЭ по математике.

Тривиальные задачи могут нести нагрузку реализации внутрипредметных связей в двух случаях. Во-первых, в процессе повторения пройденного

материала такие задачи позволяют учащимся вспомнить основные формулы, закономерности и, соответственно, связи между физическими величинами. Во-вторых, решение достаточно сложной задачи может быть представлено в виде последовательности более простых, зачастую именно тривиальных задач. Тем самым в решение сложных задач вплетается достаточно большое количество внутрипредметных связей.

Качественные задачи

В физике есть характерный в большей степени именно для нее тип задач – качественные задачи. Название «качественных» данные задачи получили в противопоставление «количественным», требующим для решения привлечения математического аппарата.

Для решения качественных задач требуется понимание описанного в условии явления или процесса и способность ученика делать выводы, то есть строить цепь из более или менее сложных умозаключений. Основой для подобных умозаключений и являются внутрипредметные связи.

Одним из наиболее важных свойств, характерных именно для качественных задач в свете реализации внутрипредметных связей, является возможность перехода от реальных окружающих нас физических явлений к физическим моделям, понятиям, возможность отражения реальных физических процессов в законах физики.

В качестве примера рассмотрим решение задачи из сборника [156]:

«Из фонтана бьет струя воды. Почему восходящая ветвь струи сплошная, а нисходящая ветвь рассыпается на отдельные части?»

Для объяснения предложенного физического явления необходимо определиться со спектром процессов, которые могут принимать участие в описании данного явления. Наиболее очевидным представляется рассмотрение движения струи как тела, брошенного под углом к горизонту, то есть, движение в поле силы тяжести. Об этом нам говорит форма струи, близкая к параболе. С другой стороны, мы имеем дело не с дискретными телами, а с изначально непрерывной струей жидкости, которая обладает

свободной поверхностью. Соответственно, есть смысл принять во внимание еще поверхностное натяжение и волны на поверхности жидкости, которые всегда присутствуют при контакте жидкости с воздухом (при их относительном движении).

Проводя аналогию с движущимся вверх под действием силы тяжести телом, можно сказать, что струя теряет свою скорость, следовательно, для переноса за единицу времени того же количества жидкости с меньшей скоростью струя должна утолщаться, оставаясь сплошной. Движение вниз вновь увеличивает скорость, делая струю тоньше. За счет же колебаний поверхности и сил поверхностного натяжения струя распадается на отдельные капли.

Таким образом, мы сводим в единую сеть целый ряд связей между физическими явлениями и объясняющими их моделями.

При решении качественных задач зачастую приходится прибегать к использованию математических формул, отражающих суть физических закономерностей. Так, например, при ответе на вопрос [155]: «Почему при постройке тепловозов не применяются легкие металлы или сплавы?», необходимо четко воспроизводить опосредованную силами тяжести и реакции опоры связь между массой тепловоза и силой трения.

Реализация внутрипредметных связей посредством решения качественных задач может быть выделена в отдельный учебный блок, а может с высокой эффективностью поддержать процесс изложения нового материала, поскольку здесь также требуется переход от реальных явлений к их физическим моделям. Таким образом, качественные задачи могут служить примерами частных случаев более общей изучаемой проблемы, под эгидой которой представленные примеры могут быть обобщены.

«Традиционные» задачи

Как мы уже указывали ранее, большое количество предлагаемых школьникам задач имеет средний уровень сложности и носит расчетный характер. Как правило, решение подобных задач направлено на отработку

навыков исследования конкретных (в контексте изучаемой темы) физических моделей.

Действительно, решая задачи на «свободное падение тел» мы *apriori* рассматриваем особенности выбранной физической модели, когда не учитывается сопротивление воздуха, сила тяжести не изменяется с высотой над поверхностью Земли (модель однородного поля силы тяжести), а начальная скорость тела принимается равной нулю.

Решение задач данного типа очень важно с точки зрения методики обучения физики, поскольку позволяет сделать первый шаг в рассмотрении целого ряда моделей, постепенно усложняющихся как с физической, так и с математической точек зрения. При этом, в реальном учебном процессе «связи ограничений», которые и создают изучаемую модель, зачастую выхолащиваются, сводя процесс решения задач по данной теме к простому перебору вариантов начальных условий, редуцируя задачи по уровню сложности к практически тривиальному типу.

Подобный подход к реализации связей приводит к неверным выводам при решении школьниками близких по содержанию задач, например:

1. Найдите максимальную скорость кирпича, падающего без начальной скорости с крыши дома высотой 10 м (сопротивлением воздуха пренебречь).
2. Найдите максимальную скорость тела, падающего на поверхность Земли без начальной скорости с высоты равной радиусу Земли (сопротивлением воздуха пренебречь).

Зачастую учащиеся в точности переносят модель решения с первой задачи на вторую, не задумываясь над условиями, ограничивающими область применения модели однородного поля силы тяжести.

Если же внутрисубъектные связи корректно реализуются в процессе обучения, то первым возникает вопрос именно о применимости той или иной модели в рамках решаемой задачи. Следовательно при решении задач «традиционного» типа внутрисубъектные связи не только обеспечивают

поиск пути от используемой модели к ответу, но и позволяют оценить правильность выбора физической модели.

Графические задачи

Графические задачи, то есть задачи, условие которых содержит графическую информацию (чаще всего – график функции), в последние годы стали чаще появляться в методическом репертуаре учителя физики. Возможно, это связано с обязательным присутствием графических задач в вариантах ГИА и ЕГЭ.

Данная тенденция нашла свое отражение и в сборниках задач. В частности, один из последних сборников О.И. Громцевой [39] содержит графические задачи в достаточно большом количестве, причем эти задачи располагаются группами, то есть автор сборника предлагает материал для отработки навыка решения графических задач, а не просто эпизодическое обращение к ним.

Использование графических задач при обучении физике преследует ряд целей. В частности, графики – это мост между математикой и физикой, а, соответственно, прямой путь к приложению математических знаний школьников к физике. С другой стороны, график какого-либо физического процесса или отражение динамики изменения какой-либо физической величины предполагает использование средств анализа и выстраивания причинно-следственных связей в рассуждениях, что является инструментарием при реализации внутрипредметных связей курса физики.

Поскольку графические задачи содержат модель физического процесса, то при решении подобной задачи связи необходимо восстанавливать как к законам и понятиям, позволяющим интерпретировать графическую информацию, так и к реальному физическому процессу, ставшему прообразом исходной модели.

Отметим также, что существует ряд графических задач в механике и термодинамике, решение которых предполагает построение еще одного или нескольких графиков. Например:

1. По графику зависимости положения материальной точки от времени построить графики скорости и ускорения.

2. Дан график термодинамического процесса в координатах PV . Перевести данный график в координаты PT и VT .

Для подобных решения задач очень важно понимание связей между величинами, понятиями, определяемые физическими законами.

Экспериментальные задачи

Экспериментальные задачи можно считать близкими по смыслу к качественным задачам (эти множества задач иногда даже отождествляются) и использующими методы графических задач, так как иногда для решения необходимо построить график и его интерпретировать.

Особенностью же экспериментальной задачи в сравнении с качественной является необходимость проанализировать условие задачи, сделать вывод о протекающем процессе или явлении и представить ход физического эксперимента (который может быть как реальным, так и умозрительным) для получения данных, которые позволят сделать выводы о поведении рассматриваемой в задаче физической системы.

Рассмотрим пример из сборника [87].

«Как с помощью секундомера можно в некоторых случаях оценить длину молнии по продолжительности грома?»

Притом, что задача должна быть решена умозрительно или «на бумаге», в ней явно содержится требование связать воедино явления различной природы (молния – электрический разряд, гром – акустический эффект), причем надстройкой над этим предлагается метод измерения времени (очевидно, времени движения, распространения разряда) из механики.

Но можно привести пример задачи с предложением не только метода, но и осуществления реальных измерений, которые могут быть многократно проверены. Например, в следующей задаче:

«Представьте себе, что для измерения высоты дома вам было предложено воспользоваться пустой консервной банкой и секундомером. Сумели бы вы справиться с заданием? Расскажите, как нужно действовать?»

Прежде всего, задача может быть переформулирована на измерение высоты шкафа или высоты балкона, не забывая об обеспечении безопасности работы школьников. Важно, что может быть организован полноценный физический эксперимент, вплоть до оценки погрешностей измерения. В таком случае, мы пытаемся реализовать связь уже не только на уровне понятий, а связать метод измерения длины объекта с явлением свободного падения тела, определить границы применимости данного метода и т.д.

Для целенаправленной реализации внутрипредметных связей экспериментальные задачи следует использовать для отработки перехода от реальных явлений к физическим моделям.

Олимпиадные задачи

К олимпиадным можно отнести задачи всех перечисленных выше типов, кроме тривиальных, с поправкой на повышение уровня сложности, либо необходимость присутствия в решении необычных шагов, методов, рассуждений, не встречающихся при решении обычных задач.

Вопросы подготовки школьников к участию в олимпиадах сейчас представляются весьма актуальными, поскольку кроме Всероссийской олимпиады появилось много «рейтинговых» олимпиад, победа в которых позволяет школьнику получить 100 баллов на ЕГЭ по соответствующему предмету. И уже в сборнике задач к комплекту учебников профильного уровня мы находим рубрику «Олимпиадные задачи» [71]. Таким образом, авторы особо выделяют не просто задачи повышенной сложности, а именно задачи олимпиадного уровня.

На задачах подобного типа реализуется, как правило, целый комплекс связей, поскольку для решения олимпиадных задач по физике требуется продемонстрировать глубокое понимание научных основ дисциплины, что в

полной мере соответствует способности школьника пользоваться системой внутрипредметных связей.

Исследовательские задачи

Последний выделяемый нами тип задач имеет интегрированный характер, и, если олимпиадные задачи могут быть отнесены к другим типам задач с повышением уровня сложности, то исследовательские задачи могут содержать в себе целый ряд подзадач, которые в свою очередь могут отличаться по типу.

Совершенно очевидно, что данный тип задач может служить основой для реализации большого количества внутрипредметных связей самого широкого спектра, так как исследовательские задачи могут охватывать ряд тем из курса физики (реализация тематических связей) объединяя тем самым разрозненные группы понятий (реализация понятийных связей).

Исследовательские задачи могут быть сформулированы в рамках проектной деятельности. В таком случае при работе над проектом внутрипредметные связи могут быть вплетены в систему межпредметных связей.

Приведенный выше анализ говорит о том, что реализация внутрипредметных связей в процессе решения задач по физике должна точно соответствовать поставленным целям обучения. Так для качественного формирования у школьников системы знаний на разных этапах должны быть использованы задачи разных типов. Тривиальные, традиционные задачи для выделения связей между физическими понятиями и сопряжения их в физических законах. Качественные, экспериментальные и графические задачи позволяют протянуть связь от физических явлений к их моделям. А более сложные олимпиадные и исследовательские задачи служат для построения максимально разветвленной структуры внутрипредметных связей.

Также заметим, что задачи тривиального и традиционного типов представляются оптимальными для использования при диагностике эффективности подходов к реализации внутрипредметных связей. Это связано

отчасти с простотой выделения небольшого количества связей, реализуемых в рамках решения отдельно взятой задачи, а отчасти с возможностью отслеживания устойчивости обращения школьников к той или иной связи при решении задач указанных типов.

Основная задача учителя состоит в необходимости направлять в ходе решения задачи научно-познавательную деятельность учеников на анализ их деятельности при решении, а не на получение ответа на задачу. Ознакомление ученика с методами и способами решения и рассуждения стоит считать основной целью при решении задач. Итак, далее мы будем говорить о системе задач, целью которой будет реализация внутрипредметных связей.

Основной вопрос, который интересует нас в рамках исследования – вопрос о процессе решения задач с точки зрения возможности переноса приемов и методов, использовавшихся в решении одной задачи на другую. Следует рассматривать перенос как процесс активный, который на основе анализа, синтеза и сопоставления приводит к обобщению способов деятельности и знаний ученика. Использование знаний в новых условиях – действие, лежащее в основе реализации внутрипредметных связей. Оно позволяет сформировать единое видение физики как науки и, закрепляясь в сознании ученика, формирует познавательную деятельность [46].

В прошлой главе мы привели теоретическую модель курса, которая преследует цели реализации внутрипредметных связей. Рассмотрим курс на основании этой модели во всех тонкостях и специфике. Рабочая программа этого курса приведена в приложении № 1.

Мы выбрали тему для нашего курса «Механические колебания». Причиной такого выбора стало расположение материала в основном курсе физики, а также большое количество связей в первую очередь с разделом «Механическое движение». Заметим, что теме «Механические колебания» отводится достаточно мало времени в рамках классно-урочной системы, что позволяет, наиболее полно реализовав связи, получить наиболее «чистый» вариант исследования по сравнению с другими темами курса физики.

Реальный курс, базирующийся на нашей теоретической модели, будет ставить в качестве основной цели реализацию внутрипредметных связей. Кроме этого, будут присутствовать развитие интереса к физике, развитие логического мышления, развитие понимания взаимосвязи знаний в курсе физики.

Курс может быть любой продолжительности: полугодичный, годичный и даже разбитый на два года. Электив, разработанный нами, был выбран полугодичным как оптимально подходящий для реализации внутрипредметных связей темы «Механические колебания». Периодичность проведения занятий раз в неделю (как и у обычного элективного курса).

В задачах курса выделим три направления:

- углубить знания учащихся о разделе «Механические колебания» и физической науке;
- закрепить знания учащихся по физике на основе целенаправленной реализации внутрипредметных связей;
- развить способности понимания тесной связи различных тем и элементов знания в физике.

Фактически такие задачи для курса, реализующего внутрипредметные связи, будут обязательными и не будут изменяться в зависимости от тематики и вида.

Организация образовательного процесса предполагает следующие формы работы на элективных занятиях: эвристические обсуждения материала (особенно в рамках первого цикла), лекционное изложение материала, практикум решения физических задач, уроки-исследования.

После изучения материала ученики, кроме основной цели – владение системой внутрипредметных связей, так или иначе связанных с элементами знания темы «Механические колебания», должны знать механические колебания в жизни, смысл основных понятий раздела «Механические колебания», физических величин, используемых в данном материале, графическое представление колебательных явлений. Кроме этого, учащиеся

должны уметь математически описывать изучаемые колебательные явления, решать задачи на тему «Механические колебания», выделять существенные признаки механических колебаний, представлять графически процессы различных механических колебаний, видеть взаимосвязь различных явлений и понятий в физике.

Курс в соответствии с предложенной выше моделью мы разделили на следующие части:

- Колебательные явления в жизни;
- Графические модели колебательных явлений;
- Математические модели и теоретическое описание механических колебаний;
- Задачи.

На изучение первого раздела отводится 2 часа, в ходе которых ученики с помощью учителя рассматривают явления, на первый взгляд, не соотносимые с колебаниями: появление приливов и отливов, движение отдельных деталей и общее функционирование двигателя внутреннего сгорания, движений моста, переменный ток, падающий на горизонтальную поверхность мяч, землетрясение, скрип мела по доске, вращение Земли вокруг Солнца, сезонные изменения уровня воды в реке, смена дня и ночи, биение сердца, процесс дыхания человека. Формат занятий представляет собой эвристическую беседу, в ходе которой выявляются ключевые признаки и характеристики колебаний, различия между свободными и вынужденными колебаниями и ряд других свойств. Все явления, которые можно представить как колебательные движения, обладают общими чертами, подчиняются одинаковым закономерностям, несмотря на то что природа этих явлений может быть совершенно различна. В первых двух часах можно использовать практически любое явление, которое многократно повторяется или приблизительно повторяется через определенные промежутки времени, так как это является характерной чертой колебательного движения. Важным моментом при рассмотрении явлений на данных уроках является выделение

ключевых и отличительных черт движения. Стук колес поезда повторяется через определенные промежутки времени, поскольку длина рельсов одинакова, а сам звук раздается при прохождении стыка двух рельсов. Если взять реальную величину рельса железнодорожного полотна и среднюю скорость движения, можно с высокой точностью определить период и частоту такого колебания. Такой пример на первый взгляд относится к простому равномерному прямолинейному движению, и достаточно интересно показать его колебательную природу.

Второй раздел отводится на изучение и рассмотрение графического описания явлений, изученных в прошлом блоке. Графические модели наиболее близки к материальным, соответственно, они легче воспринимаются и интерпретируются на основе полученных знаний, готовя учеников к будущему теоретическому описанию явлений, проясняют их взаимосвязь. Графические модели изучаются на один час дольше, потому что материал постепенно расширяется и на его изучение придется однозначно потратить времени больше, чем на предыдущем цикле. Представленный выше пример со стуком колес поезда развернуть в графические модели можно многими способами: графический, векторный, спектральный, 3d модель и т.д.

Графическая модель – одна из самых простых для реализации на уроке, поскольку используется очень часто не только в курсе физики, но и в математике. Стоит заметить, что там это зачастую оторванные от жизни графики функций, в данном случае мы не только реализуем внутрипредметные связи, но и межпредметные, показывая роль и применение графиков в жизни. В случае графика можно отложить по одной оси время, а по другой расстояние от центра колеса до ближайшего края рельса, получив график (рис. №6)



Рис. №6

По графику вместе с учащимися сделаем вывод о том, что стук раздается, когда наш график касается оси абсцисс. Если мы используем численные данные (скорость движения поезда, расстояние между рельсами), чисто графически мы можем подсчитать время между стуками, количество стуков в определенный промежуток времени и некоторые другие величины. Таким образом, проводится пропедевтика к введению понятий «период», «частота», «амплитуда». Вместе с тем мы актуализировали знания из прямолинейного равномерного движения и связали их с колебательными движениями.

Теоретический материал, следующий за графическими моделями из третьего раздела, представляет собой обобщение выводов и умозаключений, сделанных раньше. На уровне теорий все те многочисленные явления и их графическое описание, используемые на прошлых уровнях, приобретают теоретическое описание всего несколькими моделями. По сути, на этом уровне все те связи и знания, что были, стягиваются в узловые точки, роль которых выполняют модели. Такими моделями являются математический маятник, пружинный маятник, гармонические колебания.

Предполагается последовательное изучение тем: «Периодическое движение», «Период», «Кинематика колебаний математического маятника», «Гармонические колебания», «Частота», «Сдвиг фаз», «Динамика колебаний маятника», «Формула периода колебаний математического маятника», «Упругие колебания», «Крутильные колебания», «Затухающие колебания», «Сила трения в колебательных системах», «Резонансные явления», «Резонанс», «Влияние трения на резонанс», «Действие негармонической силы

в резонансных явлениях». Сам теоретический материал в целом распределен в соответствии с логикой расположения материала в физических учебниках, базируется он на материале учебника Г.Я. Мякишева [106, 107] и Г.С. Ландсберга [89]. Расположение материала обусловлено тем, что данные учебные пособия после многочисленных переизданий в данный момент содержат такую структуру курса, которая сама предполагает реализацию внутрипредметных связей. Начиная с теоретического описания колебательного движения и введения определенных характеристик на теоретическом уровне (период, частота, амплитуда), материал развивается, разделяя различные виды колебаний. При этом выделяется, что все виды описываются определенным набором характеристик, изученных ранее. После чего вводятся различные виды моделей, что, как мы уже упоминали, является узлом для связей и знаний. После чего диалектическое развитие материала заканчивается привнесением в модели реальных условий, а точнее, силы трения. На изучение всей теории отводится 5 часов.

Подобное тематическое построение предполагает, что теоретический материал самостоятельно периодически стягивается на последующих изучаемых моделях.

Последний цикл является самым большим по отводимому на него времени, поскольку задачи еще больше расширяют комплекс внутрипредметных связей. Тематически задачи последовательно повторяют в течение 7 часов предыдущий цикл.

Такое распределение в часах не случайно, как мы отмечали на модели, каждый новый цикл реализует все больше связей и актуализирует предыдущие, на что с каждым новым уровнем требуется все больше времени. Кроме того, как мы отмечали в § 2.2, решение задач для реализации внутрипредметных связей имеют большую ценность, а изучение теории само по себе призвано реализовать львиную долю логико-физических внутрипредметных связей.

Задачи подбираются в соответствии с пройденным теоретическим материалом, поскольку он наслаивается на него. В нашем курсе мы использовали задачи из сборников задач Савченко О.Я. [56], Парфентьевой Н.А. [116] Бендрикова Г.А. [19], Рымкевича А.П. [137].

Завершающим уроком может быть защита проекта (как мы уже и отмечали в теоретической модели). Темы такого учебного проекта могут быть разнообразными, охватывать как всю тему колебаний, так и рассматривать лишь частный вопрос. Мы предлагаем следующие темы для проектов:

механические колебания, польза и вред;

землетрясения, как колебание земной поверхности;

звуковые колебания.

2.2. ДИАГНОСТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ВНУТРИПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Рассмотрим принципы анализа системы внутрипредметных связей, реализуемых в ходе обучения, с помощью разработанной ранее модели курса. Попытки дать системный анализ внутрипредметным связям предпринимались в некоторых исследованиях ранее. В.М. Монахов и В.Ю. Гуревич в своей статье «Об одном методе системного анализа внутрипредметных связей» [102] для анализа системы внутрипредметных связей предлагают построить структурную модель материала учебного предмета. Под такой структурной моделью исследователи понимают набор элементов знаний с внутрипредметными связями между ними.

$$A_1, A_2, \dots, A_n, f.$$

Где A_i – элемент знания, i -его номер, f – система внутрипредметных связей, то есть множество таких пар $(A_i: A_j)$, что A_i используется в изучение A_j .

Связь пары (A_i, A_j) обозначается следующим образом: $A_i \rightarrow A_j$, где A_i – начальный элемент связи, а A_j – конечный элемент связи.

Далее В.М. Монахов и В.Ю. Гуревич вводят параметр – степень близости между элементами (можно обозначить как длина связи), представляющая собой разность номеров, то есть

$$r(A_i \rightarrow A_j) = j - i$$

Потенциальная эффективность связи определяется формулой

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n r(A_i: A_j)$$

При этом начальный элемент всегда предшествует конечному, а число S должно быть минимальным.

Другими словами, внутриспредметная связь считается тем эффективнее, чем ближе второй элемент связи находится при изучении к первому. Такой вывод и вся концепция анализа выглядит достаточно спорной и содержит ряд недостатков. Практически в любом предмете, особенно естественно-научного цикла, можно выделить ключевые понятие или явления, которые будут проходить через весь курс, будучи основой для внутриспредметных связей. Например, понятия энергии, силы, скорости, массы и другие проходят через весь курс школьной физики. Сами понятия могут быть использованы для изучения некоторых элементов много позже, в таком случае эффективность связи будет бесконечно малой. А в случае концентрического построения курса, когда новый концентр может проходить лишь через несколько недель или месяцев, говорить о какой-либо эффективности таких связей из предложенной теории не приходится. Да и данная теория не предполагает никакой экспериментальной проверки существования внутриспредметной связи.

Р.Ю. Костюченко [78] предлагает использовать задачи для определения «познания внутриспредметных связей». Присваивая определенные коэффициенты за решение задачи, исследователь предлагает высчитывать общий рейтинг на базе решенных тестовых задач и в дальнейшем делает вывод о некоторой количественной степени познания внутриспредметных связей. Данный способ оценивания содержит ряд существенных недостатков, не позволяющих использовать их в нашей работе. Среди недостатков отметим обязательное увеличение сложности задач в тесте, в таком случае стоит говорить не о проверке внутриспредметных связей, а скорее, о тривиальной проверке знаний. Другим недостатком системы является фактическая неосуществимость проверки, какие связи сформированы, а какие нет. Другими словами, на выходе тестирования мы с некоторой вероятностью определяем объем реализованных внутриспредметных связей, без детализации конкретных связей.

А.А. Аксенов в своем исследовании [3] предлагает еще более упрощенный подход. В первую очередь он ставит задачу сравнения качества знаний у контрольной группы и экспериментальной с помощью контрольной работы, составленных на базе готовых дидактических материалов с добавлением элементов усложнения. Исследователь ставил целью, чтобы каждая задача реализовывала определенный вид внутрипредметных связей. В дальнейшем на основании статистической обработки результатов автор делает далеко не однозначный вывод о реализации внутрипредметных связей. В данной методике можно заметить несколько основных проблем:

- задачный материал для проверки подбирается так, что каждая задача реализует один из видов внутрипредметных связей;
- оценка внутрипредметных связей базируется на количественной оценке решенных задач и напрямую завязана на понятии ЗУН. По мысли автора, если ученик получает за решение задач условную оценку «четыре», это значит хороший уровень сформированности знаний, умений и навыков и, соответственно, хороший уровень реализации внутрипредметных связей;
- такая оценка, как и в прошлой методике, не дает возможности оценить наличие конкретных внутрипредметных связей и дает лишь общее количественное представление о реализации внутрипредметных связей;
- еще одной серьезной проблемой данной методики имеет смысл считать проблему реализации внутрипредметных связей в ходе решения задач. Если задача выполняет роль инструмента реализации внутрипредметных связей, не имеет ли смысл говорить о том, что в ходе решения контрольных задач (проверяющих наличие внутрипредметных связей) оно в этот момент их реализует?

Хотя стоит отметить, что экспериментальная работа в целом была направлена не столько на проверку реализации внутрипредметных связей, сколько на подтверждение гипотезы о том, что реализация внутрипредметных связей посредством решения задач заметно повышает эффективность процесса обучения.

Остальные работы, исследующие различные стороны внутрипредметных связей [3, 35, 51, 76], не предлагают сколько-нибудь четких концепций анализа системы внутрипредметных связей. Все сводится к опосредованной проверке внутрипредметных связей – анализируя знания ученика или сформированности учебных компетенций.

По ряду упомянутых выше причин данные методики диагностики не подходят для использования в рамках нашего исследования. Определим критерии, предъявляемые нами к системе диагностики, которую можно использовать для проверки реализации внутрипредметных связей:

- должна определять внутрипредметные связи, не реализованные в ходе обучения;
- не должна смешивать оценку знаний и внутрипредметных связей;
- должна быть универсальной для различных курсов;
- не должна противоречить теоретическим основам внутрипредметных связей.

Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что нам необходима система диагностики, которая может помочь определить, произошла ли реализация внутрипредметных связей у группы учащихся, не сводящаяся к простой оценке их знаний. Как мы упоминали в 1 главе, внутрипредметные связи в ходе любого обучения будут реализовываться, но в меньшей степени (если эта деятельность специально не подготовлена, то связи будут реализовываться спонтанно и малочисленно). Этот факт, несомненно, оставит отпечаток на итоговых результатах.

В качестве контрольной группы будет взят результат тех учеников, которые курсы не посещали.

Мы будем использовать диагностическую систему, на первый взгляд похожую на систему, предложенную Р.Ю. Костюченко в своем исследовании [78]. Но в целом мы будем основываться на несколько других теоретических предпосылках, в первую очередь – Ю.А. Самарина [139] и В.А. Далингера [46].

Как мы упоминали в §2.1, задачи в одно действие, слишком простые и однотипные, реализуют и формируют внутрипредметные связи только в течение очень короткого времени, в дальнейшем они представляют собой прохождение «того же самого пути». Другими словами, мы такими задачами можем проверить этот «путь», не прибегая к реализации или формированию внутрипредметных связей, которые могут дать ненужный окрас результатам. Это решение, конечно, не выглядит идеальным, но в условиях полного отсутствия сколько-нибудь цельных и непротиворечивых методик диагностики реализации внутрипредметных связей оно имеет право на жизнь.

Экспериментально имеет смысл проверять не весь комплекс внутрипредметных связей, которые мы реализуем, а лишь определенную группу связей ключевых понятий и явлений. Это обусловлено экспоненциальным ростом тестовых заданий с ростом связей, которые необходимо проверить.

Мы берем ключевые понятия, явления и внутрипредметные связи между ними, потому что они являются стержневой основой всего курса и, соответственно, наиболее важными для ученика. Возвращаясь ко всему комплексу внутрипредметных связей, который реализует курс, поясним на примере, почему мы подходим к проверке лишь некоторой части этих связей.

Среди всех элементов знания, между которыми устанавливаются внутрипредметные связи, можно выделить некоторые основные. Такие основные понятия и явления обладают большим комплексом внутрипредметных связей и в некотором роде являются стержневыми для самой системы внутрипредметных связей. Логично было бы предположить, что такие понятия обладают наибольшим числом связей, но это не совсем так. Наибольшим числом связей могут обладать понятия и явления, которые благодаря языку науки входят в теорию чаще. Если изобразить систему внутрипредметных связей в виде графической модели, можно подумать, что такие ключевые понятия и явления можно вычислить по большему числу связей, но это не совсем правильный подход.

В физике мы вслед за А. Азимовым [2] будем полагать ключевыми следующие понятия: материя, движение, энергия. Производными к понятию материи (масса, момент инерции, характеристиками материи), производными к движению сила (момент, скорость, энергия, работа). Например, сила трения обладает обширным комплексом внутрипредметных связей (схема №12) в рамках темы «Механические колебания» и входит как ключевое понятие в наш список (как одна из сил).

Можно отметить, что, являясь ключевым понятием, сила трения имеет связи с некоторыми другими ключевыми понятиями: энергия, движение (в данном случае различные колебания). Сила трения (точнее трение, сопротивление) проходит через весь курс физики, отделяя идеальные модели от остальных физических моделей. Огромная роль приходится на связи, одним из элементов которых является ключевое понятие (явление). Для примера, связь между силой трения и энергией очень важна, она определяет понимание учеником, когда можно применить закон сохранения энергии, а когда нет.

Рассмотрим ключевые понятия и явления и их роль в обучении. Ключевые понятия (далее мы будем говорить ключевые понятия, подразумевая ключевые понятия и явления) будем считать основными элементами системы знаний. В первую очередь, сама система обучения должна строиться так, чтобы ключевые понятия на каждом этапе обучения актуализировались. Это вытекает из самой логики строения науки, где ключевые понятия являются основными для всего материала и используются повсеместно. Так, например, понятие энергии вводится при обучении механики, в дальнейшем имеет широчайшее применение и в электричестве, и в атомной физике, и в других разделах физики.

Соответственно, методика реализации внутрипредметных связей должна отражать необходимость актуализации и реализации внутрипредметных связей, одним из элементов которой является ключевое понятие. Пример с задачей, приведенный в §2.1, показывает необходимость не

только во внутрипредметных связях, но и во внутрипредметных связях применительно к ключевым понятиям.

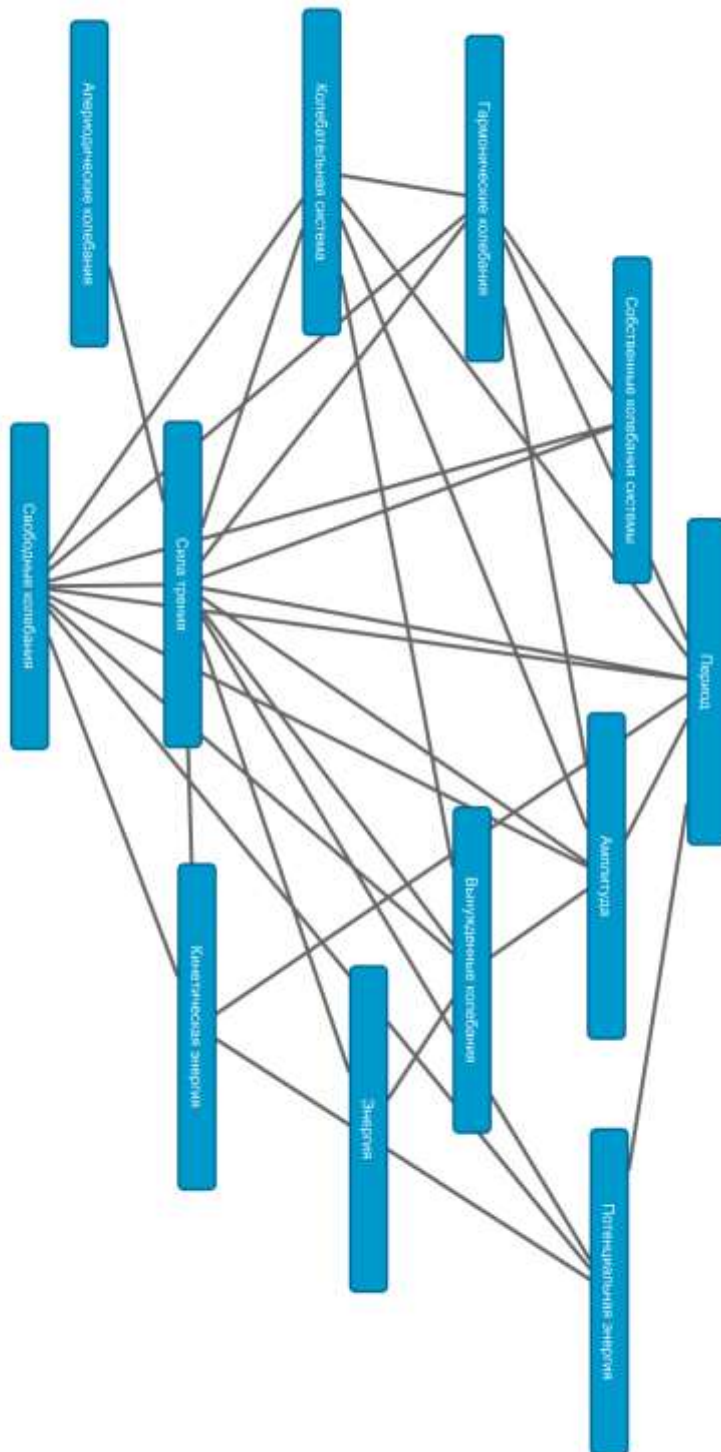


Схема №12

На приведенном выше примере видно, какую сетку связей образует лишь одна сила трения и лишь в разделе «Механические колебания». Почти все понятия, которые связаны с силой трения, имеют связи с остальными элементами этой сетки. Из этой системы выпадает понятие аperiodических колебаний, но это вполне естественно: само понятие носит слишком частный характер и служит, скорее, расширением кругозора, чем понятием, участвующим в учебной деятельности.

Реализацию внутрипредметных связей можно проверить на реализации внутрипредметных связей отдельных ключевых понятий. Это логичное решение. Если мы предоставляем определённый материал и пользуемся определенной методикой для реализации внутрипредметных связей, то они, в первую очередь, должны давать результат на связях с ключевыми понятиями. Кроме этого, ключевые понятия и их связи, обусловленные связями наук, принадлежат как логико-физическим связям, так и методическим (для удобства мы воспользуемся более удобной в данном случае классификацией). Значит, формирование таких связей обусловлено как теоретическим материалом, так и практической деятельностью. Другими словами, если связи реализуются в процессе решения задач, их можно проверить в ходе этого же процесса. Проблема такого подхода состоит в том, что мы не сможем определить некоторые «частные» внутрипредметные связи, которые не привязаны к ключевым понятиям.

Для примера, реализуемые курсом связи можно представить в виде схемы, приведенной в приложении №2.

Необходимо пояснить, что данный комплекс составлен на основании связей, реализуемых всеми 4 концертами нашего курса. Общий комплекс связей у отдельного ученика может и будет отличаться, на это есть несколько причин:

- всегда есть место для ошибочных связей (на которых мы останавливались ранее), которые формируются самим учеником во время его деятельности;

- на систему внутрипредметных связей, естественно, накладывает отпечаток деятельность ученика в рамках основного учебного курса физики. Это обусловлено тем, что ученики, занимающиеся на элективных курсах, не останавливают свою повседневную учебную деятельность;

- реализация внутрипредметных связей невозможна лишь благодаря деятельности учителя, она сильно зависит и от ученика, и от его стремления к обучению.

Другими словами, конечные системы, хотя и будут иметь различные виды в зависимости от тестируемого ученика, но в целом они будут достаточно похожи (если процесс реализации внутрипредметных связей идет так, как мы предполагаем в нашем исследовании). Кроме того, ключевые понятия, явления и связи между ними должны быть примерно одинаковыми у ученика, так как зачастую они имеют достаточно много актуализаций во время обучения, и соответственно, с большей долей вероятности реализуются на практике.

Количество связей в отображенной нами системе - 269. Даже если предположить, что средняя задача может помочь проверить наличие 10 связей, общее количество требуемых задач близко к 30, это достаточно большая цифра. Но, как мы упоминали выше, достаточно сложные задачи не подходят для нашей цели. Следовательно, мы будем использовать задачи, проверяющие как можно меньшее количество связей (3-5 связей). Кроме того, есть определенные связи, которые с помощью задач будет достаточно сложно проверить. Например, связи между гармоническим спектром и периодом (или связь «гармонический спектр-частота») достаточно сложно проверить. Нужна задача, подразумевающая использование перехода от одного понятия к другому. Гармонический спектр изучается в школьной физике крайне мало, применение ему можно найти лишь в одной-двух темах. В рамках

дополнительных занятий на элективных курсах можно организовать раскрытие этого понятия, но намного более ценно раскрывать понятия и явления с гипернагрузкой связей. Если проанализировать все такие связи, то они все имеют слабое применение в знаниях и носят лишь учебно-познавательный эффект, расширяя представление о физике. На схемах распределения связей такие понятия обладают связями, которые носят характер одиночных и угловых, угловыми мы будем считать понятия, которые обладают 1-2 связями.

Задачи, подбираемые нами, достаточно просты и зачастую одновариантны. Такой подход, кроме того, что полностью устраивает нас теоретически, выполняет еще функцию снижения нагрузки при анализе, так как решенная задача будет давать однозначный ответ о том, что минимальный комплекс связей у ученика есть. Если задача оказалась не решена, это не значит, что весь комплекс связей отсутствует (это одно из самых важных отличий от используемых ранее методик). Тогда достаточно проследить, на каком этапе произошла ошибка. Каждая связь проверяется несколько раз, это помогает избежать ошибки в анализе.

Разберем на примере, как можно диагностировать сформированность конкретных внутрипредметных связей с помощью ее проявления в ходе решения задачи.

В основу диагностики был положен процесс решения учащимися задач по физике. С одной стороны, поэтапное отслеживание хода решения задачи показывает, насколько ученик интериоризовал внутрипредметные связи и использует их. С другой стороны, умение учащегося решать задачи характеризует эффективность обучения физике.

На следующем примере решения задачи рассмотрим процесс использования учащимся внутрипредметных связей.

Задача. Электронный пучок фокусируется положительным объемным зарядом прямого ионного пучка с круглым сечением. На каком расстоянии x

фокусируются электроны, если их скорость на входе v , а заряд единицы объема ионного пучка ρ ?

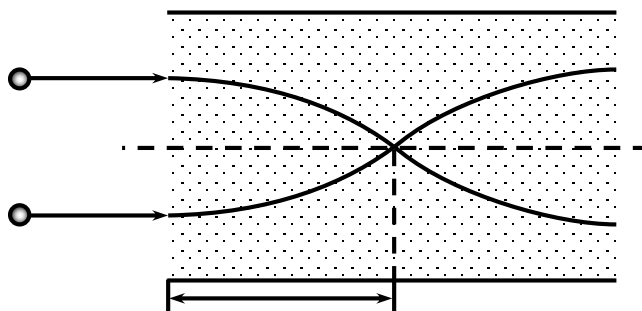


Рис. 7. Траектории движения электронов в ионном пучке.

Поскольку в условии задачи речь идет о фокусировке электронного пучка, то можно предположить, что траектории движения электронов в пучке положительно заряженных ионов должны пересекаться в одной точке (на расстоянии x от края ионного пучка). (Делая данный вывод, учащийся обращается к понятийной связи «фокусировка – траектория движения» и к тематической связи «электродинамика – механика».)

Очевидно, что, поскольку вне пучка электроны движутся прямолинейно и равномерно, то изменение в движении, приводящее к фокусировке, должно происходить под воздействием силы (обращение к связи «сила – движение»), что приводит нас ко второму закону Ньютона:

$\vec{F} = m\vec{a}$. (Математическая запись закона включает связь понятий «сила», «масса», «ускорение».)

Сила, действующая на отдельно взятый электрон, обусловлена электрическим полем объемного заряда ионного пучка (связь «сила – поле»), напряженность внутри которого в силу цилиндрической симметрии задачи можно найти по теореме Гаусса (связь «поле – электрический заряд»):

$$E = \frac{q}{\varepsilon_0 S} = \frac{\rho \pi r^2 H}{\varepsilon_0 2\pi r H} = \frac{\rho r}{2\varepsilon_0},$$

где r – расстояние от оси ионного пучка, H – высота цилиндра, в котором заключен заряд.

Тогда сила, действующая на электрон со стороны пучка ионов (вновь обращение к связи «сила – поле»):

$$F = eE = e \frac{\rho r}{2\varepsilon_0}.$$

Отметим, что данная сила перпендикулярна оси ионного пучка, а значит, она не меняет составляющую скорости электрона, направленную вдоль оси пучка и равную v . (Здесь учащийся обращается к понятийной связи «сила – скорость».)

Подставив полученное выражение в формулу второго закона Ньютона, получаем зависимость ускорения от r в следующем виде:

$$a = - \left| \frac{e\rho}{2\varepsilon_0 m} \right| r.$$

А это не что иное, как уравнение, описывающее гармонические колебания с частотой (выделение связей «уравнение колебаний – частота» и «частота колебаний – период»)

$$\omega = \sqrt{\frac{e\rho}{2\varepsilon_0 m}}$$

и периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 m}{e\rho}}.$$

Из сказанного выше делаем вывод, что электроны, проходя через ионный пучок, будут двигаться по синусоидам различных амплитуд. Точка пересечения синусоид будет располагаться в четверти периода. За это время электроны успеют сместиться на расстояние

$$x = v \cdot \frac{T}{4} = \frac{\pi v}{2} \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 m}{e\rho}}.$$

Чтобы решить эту задачу, ученик должен обладать определенным комплексом знаний (второй закон Ньютона, теорема Гаусса, уравнение гармонических колебаний, формула связи периода колебаний и циклической

частоты) и сформированным комплексом внутрипредметных связей.

Основываясь на сказанном выше, мы выбрали следующие внутрипредметные связи для анализа:

- масса - скорость;
- масса - закон сохранения энергии;
- масса – энергия;
- масса – сила;
- скорость – законы сохранения импульса;
- скорость – энергия;
- сила – движение;
- время – сила;
- время - энергия.

Задачи, используемые при диагностике, приведены в приложении №3.

Экспериментальная проверка основных положений диссертации проводилась в три этапа с 2011 по 2014 годы. Обучающий педагогический эксперимент проходил на базе средних школ №95, №34, №76, №91.

На первом этапе были проведены констатирующий и поисковый эксперименты. В это время проходило наблюдение за учебной деятельностью учащихся в контексте обнаружения деятельности, связанной с реализацией внутрипредметных связей курса физики.

Был проведен анализ психолого-педагогической и методической литературы по интересующей нас теме. Кроме того, проанализированы исследования по смежным темам, таким как, межпредметные связи и методики реализации межпредметных связей.

В ходе констатирующего эксперимента было проведено тестирование с целью определения состояния внутрипредметных связей у учащихся общеобразовательных классов.

Кроме этого, констатирующий эксперимент позволил определить логико-физические и логико-методические связи между различными

элементами курса физики, являющиеся ключевыми или основополагающими, и подготовить учебный материал для проведения обучающего эксперимента.

В результате поискового эксперимента были выдвинуты гипотезы исследования.

Второй этап заключал в себе обучающий эксперимент, в ходе которого была апробирована теоретическая модель содержания курса, предложенная в §1.2, направленная на реализацию внутрипредметных связей в курсе физики.

Второй этап эксперимента проводился в общеобразовательных классах с целью выявления влияния разработанной теоретической модели курса на реализацию внутрипредметных связей. Общеобразовательные классы были выбраны неслучайно, так как в них реализация внутрипредметных связей в рамках элективного курса имела меньший сторонний окрас со стороны стандартных уроков физики, чем в классах профильной подготовки. Теоретические предпосылки такого выбора были даны в 1 и 2 главе диссертации.

На третьем этапе педагогического эксперимента нами был проведен анализ полученной с помощью диагностики информации и оформлено диссертационное исследование. С целью проверки выдвинутой нами гипотезы, после завершения формирующего эксперимента было проведена проверка степени реализации внутрипредметных связей от заданной в начале.

Поисковый эксперимент был проведен в 4 общеобразовательных школах, у учеников 9, 10, 11 классов. Ученикам предлагалось написать ключевые (или основные) понятия и явления, которые ученики считают необходимыми для физики (ключевые для освоения предмета и для решение задач). Мы предлагали ученикам выделить 10 понятий для механики и 10 для раздела колебания и волны. В качестве основных (больше трети опрошенных выделили их) ученики посчитали:

- для физики: длина волны, закон всемирного тяготения, 3 закон Ньютона, 1 закон Ньютона, колебания, сопротивление, КПД, мощность,

правило буравчика, потенциальная энергия, 2 закон Ньютона, сила трения, энергия, Закон Ома, Закон сохранения энергии, Законы Ньютона;

- для раздела колебания и волны: амплитуда, период, частота. В пределах 10% опрошенных были выделены: центростремительное ускорение, циклическая частота, гармонические колебания, колебания маятника (математического маятника), сила тяжести, кинетическая энергия, уравнение гармонических колебаний, энергия, импульс, сила, закон сохранения энергии, длина волны, колебания;

Полное соотношение результатов приведено на рисунках №8 и №9

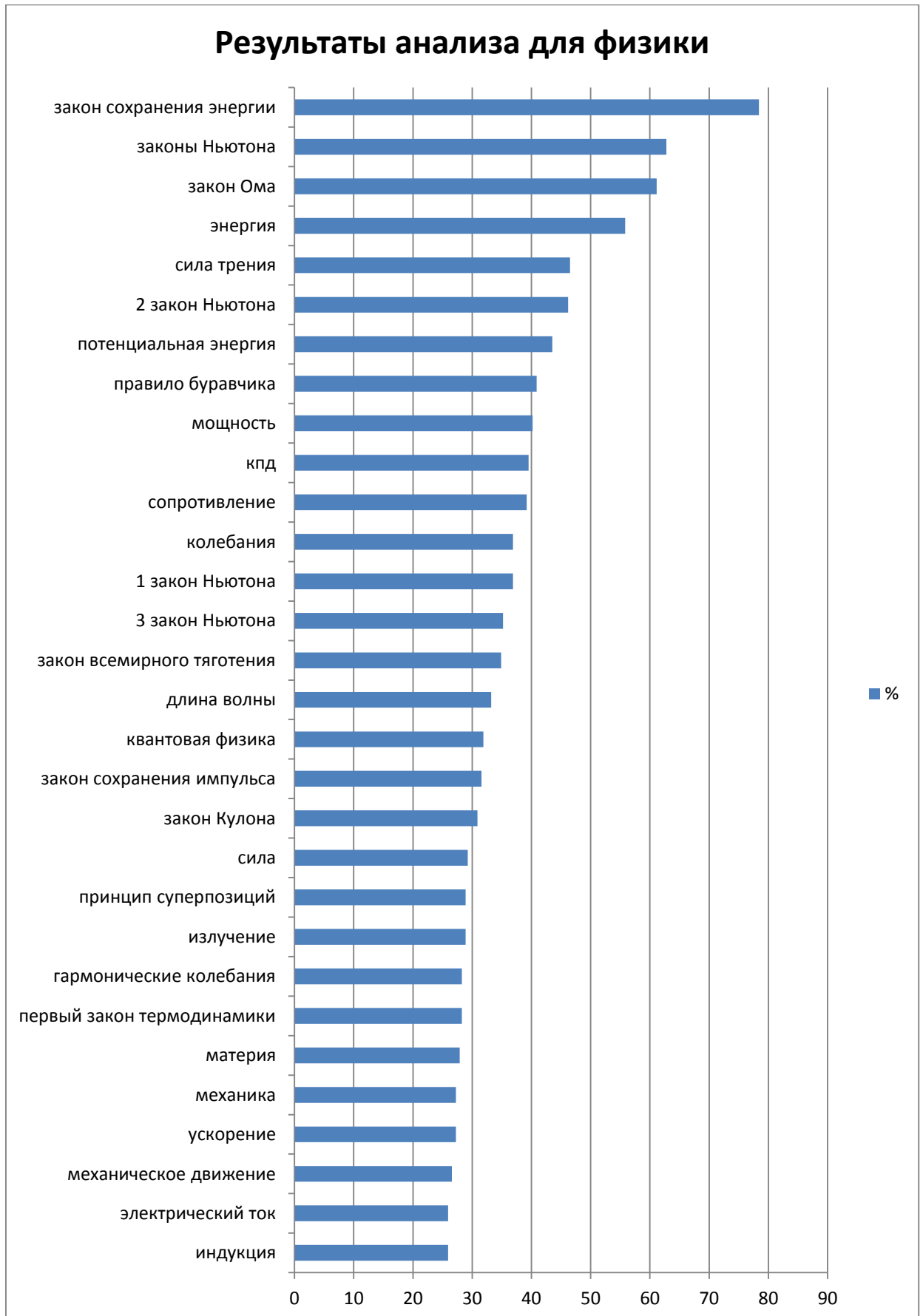


Рис. №8

Результаты анализа для раздела механические колебания и волны

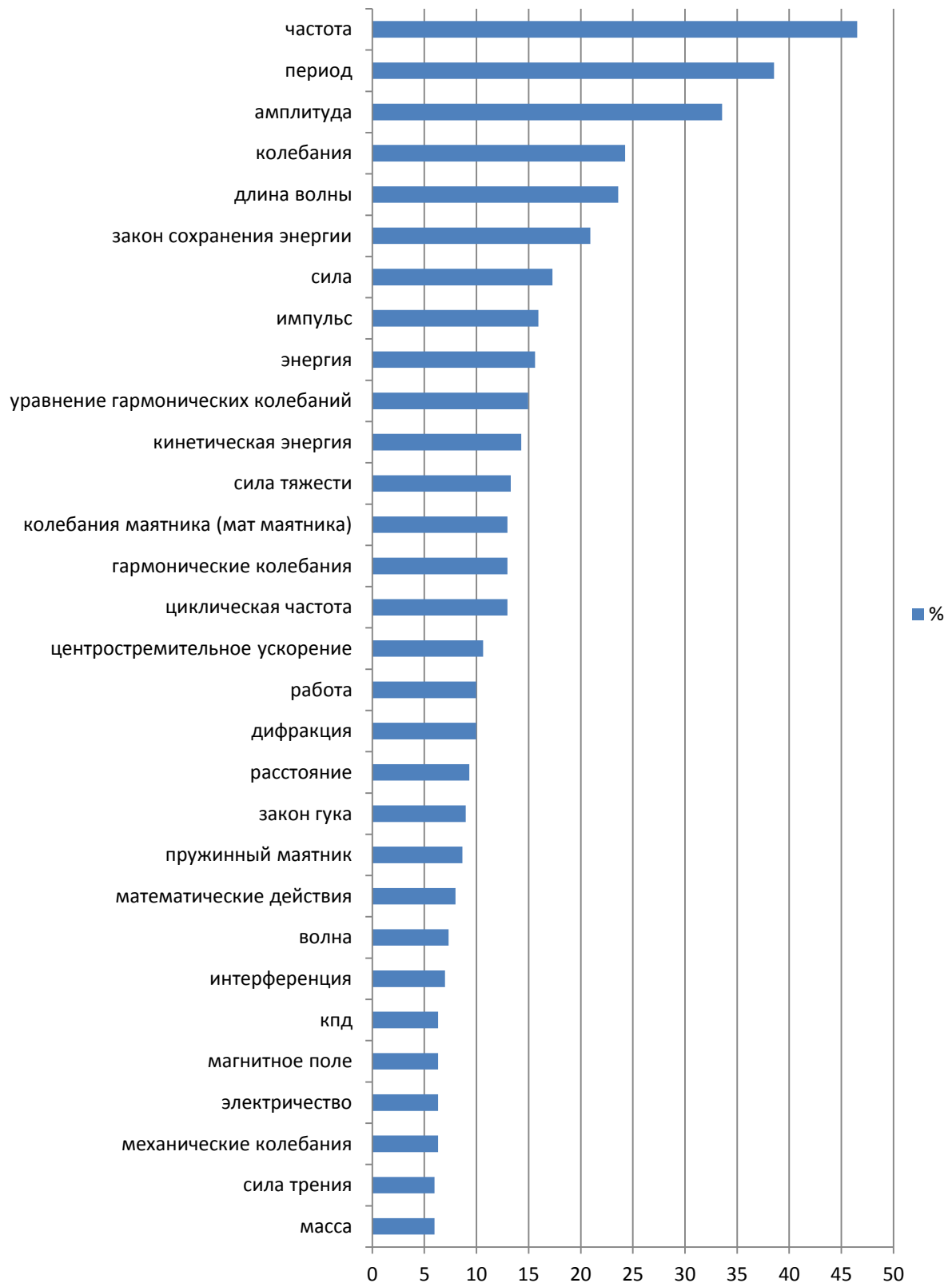


Рис. №9

Важно отметить, что ученики связывают достаточно слабо раздел «Колебания и волны» с общим курсом физики. Наблюдать это можно было по тому, что после выделения ключевых понятий и явлений ученики в разделе «Механические колебания и волны» практически не повторяли эти понятия и явления. Для ученика законы Ньютона, закон сохранения импульса, понятие силы и некоторые другие не входят в необходимые для раздела «Колебания и волны», хотя как мы поясним ниже, эти явления пройдут через весь курс физики и в каждом разделе физики найдут свое место. Объяснить это можно лишь тем, что система внутрипредметных связей в разделе «Колебания и волны» у ученика, если и существует, достаточно слабо связана с общей системой внутрипредметных связей.

Данные результаты говорят о слабой системе внутрипредметных связей и недостаточности целенаправленной деятельности по их реализации. Отражается это, в первую очередь, на учебной деятельности учеников, у которых возникает невозможность решить задачи, отличные от просто подстановки чисел в уравнение гармонических колебаний, неумение применить законы механики в задачах на колебания и т.д.

Еще одна проблема, которую выявил констатирующий эксперимент – смещение акцентов в ключевых и основных понятиях и явлениях. Ожидаемым результатом в таких понятиях были бы понятия энергии, силы, трения, импульса, законов сохранения и некоторые другие. Между тем мы видим в основном понятия частоты, амплитуды, правила буравчика и некоторые другие частные понятия.

Это объясняется постоянной «накачкой» однотипными задачами, которые формируют такие знания.

В рамках констатирующего эксперимента можно было обнаружить ошибочные связи, о которых мы упоминали в первой главе. Эти связи формируют ошибочные отношения, в данном случае – ненужные.

Можно отметить, что акценты в физике находятся в более правильной позиции, чем по разделу «Колебания и волны». Это можно объяснить тем, что

сама программа оказывает небольшой эффект по реализации внутрипредметных связей, за счет повторения материала (концентр 10 и 11 класса идет наложением на материал 7-9 класса). Можно сказать, что реализуется небольшая часть модели, предложенной в §1.2.

Некоторый оттенок на констатирующий эксперимент дает и фактическое время тестирования. По результатам можно заметить, что ученики вносят некоторые элементы из тех, что изучили совсем недавно. Этим, например, объясняется появление правила буравчика в тестировании, а также некоторых других непредсказуемых элементов. Провести абсолютно «чистый» тест в таких условиях невозможно.

В ходе анализа обучающего эксперимента из 78 учеников, которые присутствовали на курсах, комплекс внутрипредметных связей реализован полностью всего у нескольких человек. Такой результат прогнозировался изначально, не всегда ученики могли присутствовать на занятиях (ввиду болезни или других ситуаций), пропуская часть материала и тем самым не реализуя часть связей. Хотя каждый цикл и повторяет внутрипредметные связи, добавляя к ним новые, далеко не всегда пропуски можно «заполнить». Другим серьезным фактором является самостоятельная работа учеников. Опять же, ввиду разных обстоятельств не всегда ученики выполняют учебную деятельность прилежно, самостоятельно, нарушая со своей стороны процесс реализации. Между тем общие результаты выглядят достаточно оптимистично. У группы учеников, занимающихся на элективных курсах, увеличилась успеваемость в рамках обычных уроков.

В целом общее соотношение реализованных связей экспериментальной группы и контрольной приведены ниже (рисунок №10)

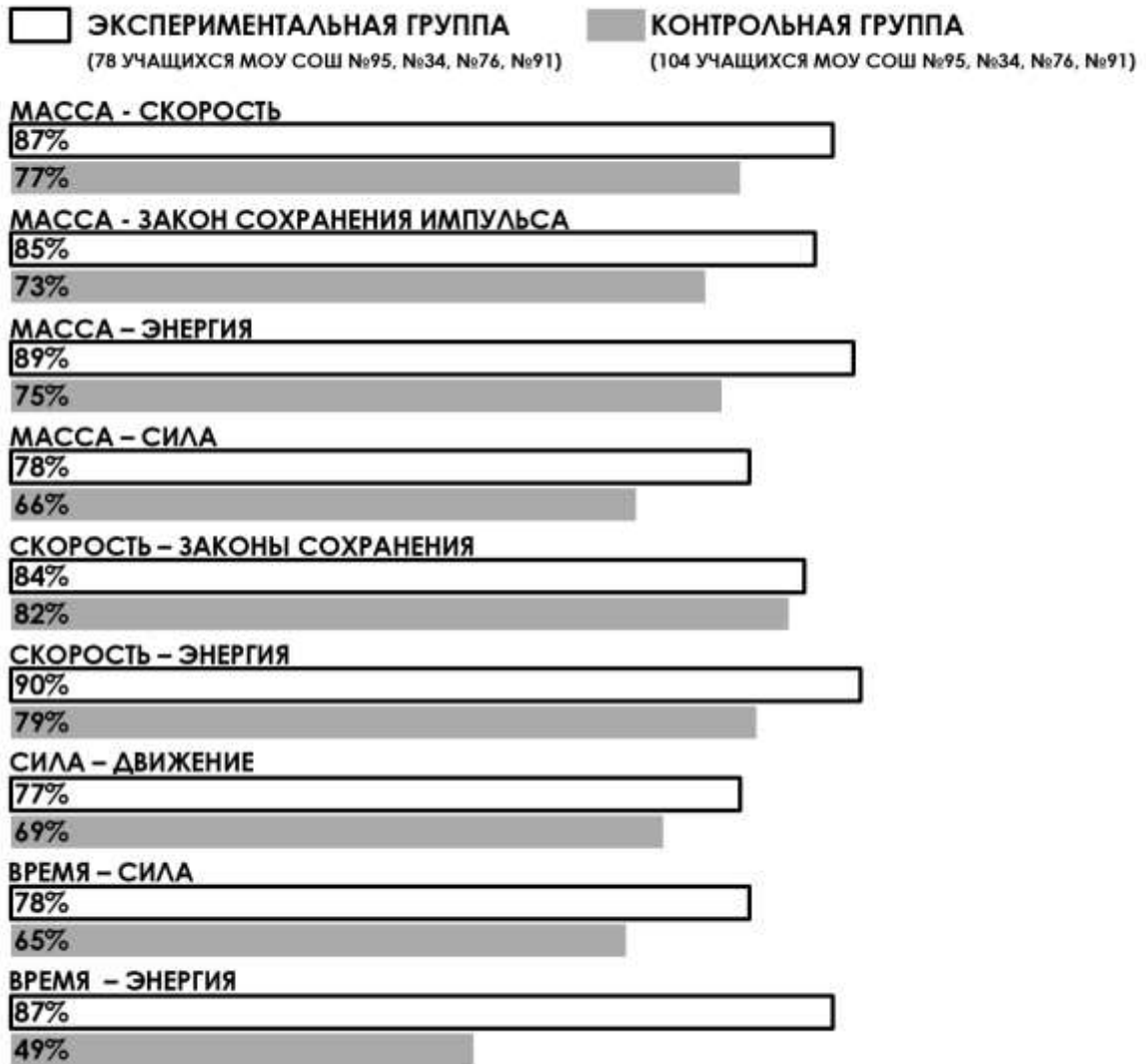


Рис. №10

Заметны различия в количестве учащихся, у которых внутрипредметная связь была обнаружена между экспериментальной и контрольной группой.

Результаты эксперимента подвергнем оценке с помощью двух статистических методов.

Критерий Крамера-Уэлча:

$$T_{\text{эмп.}} = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{n_1 D_x + n_2 D_y}} \sqrt{n_1 n_2}$$

$$n_1 = n_2 = 9$$

$$T_{\text{эмп.}} \approx 3,79 > 1,96 = T_{\text{кр}}(0,05)$$

Получившийся результат говорит о том, что сравниваемые выборочные средние отличаются. Это говорит о подтвержденной успешности предлагаемой методики реализации внутрипредметных связей.

Критерий Манна-Уитни:

$$U_{\text{эмп.}} = n_1 n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2} - T_x$$

$$n_1 = n_2 = n_x = 9$$

$$U_{\text{эмп.}} = n_1 n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2} - T_x$$

$$U_{\text{эмп.}} = 81 + \frac{90}{2} - 119,5 = 6,5$$

$$U_{\text{кр.}}(0,05) = 35$$

$$U_{\text{кр.}} = 35 > 6,5$$

Различия достаточно существенны, что еще раз подтверждает результативность предлагаемой методики реализации внутрипредметных связей.

Такие выводы позволяют еще раз сказать о необходимости разработки темы внутрипредметных связей и методики их реализации.

Выводы по второй главе

Разработана методика обучения физике, которая позволила бы целенаправленно реализовывать внутрипредметные связи на уроках физики.

Данная методика содержит следующие компоненты:

- целевой – приобретение учащимися представлений о внутрипредметных связях;
- содержательный – содержание обучения физике должно быть изменено в соответствии с представленной моделью;
- процессуальный – процесс реализации внутрипредметных связей должен проходить несколько стадий: накопление и анализ фактов и физических явлений; установление связей между ними; образование физических понятий на основе связей; установление связей между группами понятий; выделение физических законов на основе полученных связей; анализ связей между законами физики; построение теорий на базе связей между физическими законами; образование основных и системообразующих связей в процессе решения задач; анализ основных и системообразующих связей; образование системы знаний учебного предмета.

Разработана диагностика, основу которой составляет комплекс специально подобранных задач по физике, позволяющая оценить эффективность процесса реализации внутрипредметных связей

Определены этапы педагогического эксперимента — констатирующий, формирующий и оценочный, для каждого из которых сформулированы цели, определена эмпирическая база и участники эксперимента.

С использованием статистической обработки результатов опытно-экспериментальной работы исследования на основе критериев Крамера-Уэлча и Манна-Уитни получено, что результаты контрольной и экспериментальной групп обучающихся различаются, несмотря на то, что в контрольной и экспериментальной группах обучение шло в рамках одних и тех же программ обучения. При этом количественные показатели подтвердили большую

эффективность реализации внутрипредметных связей у обучающихся экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой.

В целом результаты говорят о положительной динамике в реализации внутрипредметных связей с помощью разработанной методики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования полностью подтвердились гипотезы, озвученные в начале работы, и решены поставленные задачи. В процессе работы на основании результатов нами были получены следующие выводы:

1. На основе анализа научно-методической и психолого-педагогической литературы по теме исследования были уточнены понятие «внутрипредметная связь» и выделены типы внутрипредметных связей, которые можно реализовать в процессе учебной деятельности на уроках физики. Нами было определено понятие внутрипредметной связи как связи между знаниями, объективно существующими в науке, нашедшими свое отражение в системе знаний соответствующей учебной дисциплины (в частности, в школьном курсе физики) и устанавливаемыми (реализуемыми) в учебном процессе, причем наиболее эффективно связи реализуются посредством использования адекватно подобранной методики обучения.

2. Разработана и обоснована на базе различных предпосылок теоретическая модель курса физики, целенаправленно реализующая внутрипредметные связи. Такая модель представляет собой универсальный метод создания реальных курсов

3. Для проверки эффективности теоретической модели была разработана система диагностики реализации внутрипредметных связей в ходе реального обучения.

4. В работе проведен подробный анализ различных методов реализации внутрипредметных связей как с помощью теоретического материала, так и с помощью практической деятельности, и показана роль внутрипредметных связей в процессе обучения.

Экспериментальная часть исследования получила подтверждение с помощью разработанной системы диагностики и доказала определенную эффективность предложенных теоретических постулатов.

Проведенная оценка результатов экспериментальной работы показывает, что использование разработанной методики реализации внутрипредметных связей способствует совершенствованию учебного процесса и позволяет развивать у учащихся систему взглядов на физику как единую науку, с общими законами и принципами изучения.

Таким образом, поставленные в начале диссертационного исследования задачи полностью выполнены, а гипотеза подтверждена.

В процессе работы были подняты вопросы о внутрипредметных связях и методах их диагностики, которые могут стать основой для дальнейших специальных исследований.

Статьи в журналах, входящих в список ВАК Минобрнауки России

1. Сторчилов П.А. Концентрическая модель построения учебного курса, ориентированного на реализацию внутрипредметных связей / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Серия «Педагогические науки». – 2014. – №4(89). – С.206-210. (0,38 п.л.)

2. Сторчилов П.А. Об основных типах внутрипредметных связей школьного курса физики / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Письма в Эмиссия.Оффлайн (TheEmissia.OfflineLetters): электронный научный журнал. – Декабрь 2014, ART 2291. – СПб., 2014 г. – URL: <http://www.emissia.org/offline/2014/2291.htm>, ISSN 1997-8588. (0.5 п.л.)

3. Сторчилов П.А. Межпредметные и внутрипредметные связи в свете процесса гуманитаризации образования / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Серия «Педагогические науки». – 2014. – №9(94). – С.173-177. (0,375 п.л.)

4. Сторчилов П.А. О проблеме реализации внутрипредметных связей при решении задач по физике // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/122-17865>(0.6п.л.)

5. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи школьного курса физики: определение, реализация и функциональная нагрузка/ Попов К.А., Сторчилов П.А. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/122-18020>(0,5 п.л.)

*Статьи в научных журналах, сборниках научных трудов
и материалов научных конференций*

6. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи как важный элемент методики преподавания физики в средней школе / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. междунар. науч.-практ. конф.: Современное образование: состояние и перспективы. – Ульяновск: УлГПУ, 2010. – С. 167-171. (0,2 п.л.)

7. Сторчилов П.А. Пути использования проектной деятельности при обучении физике в школе / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. IV междунар. науч.-практ. Интернет-конф.: «Перспектива». Вып. 4.1. – Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2010. – С. 266–270. (0,2 п.л.)

8. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи – основа для конструирования элективных курсов по физике // Ж. Вестник Института им. Россинского. – Краснодар, 2010. № 2(7). С. 58-61. (0,25 п.л.)

9. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи как основа для проектного метода обучения // VI Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. «Перспектива». Вып. 6. - Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2011. – С. 150-154. (0,235 п.л.)

10. Сторчилов П.А. Использование метода обучения case study для формирования и коррекции внутрипредметных связей // Ж. Физика. Все для учителя!. №7(7). – Основа - Москва, 2011. – С. 37-41. (0,225 п.л.)

11. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи и проблемы их формирования / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. IV междунар. науч.-практ. конф.: «Новые педагогические технологии». – М.: «Спутник+», 2011. – С. 134-136. (0,175 п.л.)

12. Сторчилов П.А. О формировании понятийных связей в процессе обучения физике и математике / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. науково-практичної конференції: «Педагогіка та психологія: традиції та інновації». – Харків: Східно українська організація «Центр педагогічних досліджень», 2012. – С. 19-20. (0,23 п.л.)

13. Сторчилов П.А. Внутрипредметная и межпредметная нагрузка понятий / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. XIX междунар. науч.-практ. конф.: «Усовские чтения. Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов». В 2 ч. Ч. 1. / под ред. О.Р. Шефер. – Челябинск: «Край Ра», 2012. – С.52-54. (0,18 п.л.)

14. Сторчилов П.А. Динамика процесса формирования внутрипредметных связей // Сб. науч. докладов. «Перспективы развития науки» – Gdansk: Wydawca; Sp.zo.o. «Diamondtradingtour», 2012. – С. 148-150. (0,2 п.л.)

15. Сторчилов П.А. Системность знаний школьников по физике и внутрипредметные связи / Попов К.А., Сторчилов П.А. // Мат. VII междунар. науч.-практ. конф.: «Актуальные направления развития современной физики и методики ее преподавания в вузе и школе». – Борисоглебск: ФГБОУ ВПО «Борисоглебский ГПИ», 2012. – С.120-125. (0,27 п.л.)

16. Сторчилов П.А. Гуманитаризация и внутрипредметные связи // Мат. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. «Естественно-научное образование в современном мире» – Мурманск: МГГУ, 2012. – С.106-108.

17. Сторчилов П.А. Психологические аспекты внутрипредметных связей // Сб. науч. докладов. «Перспективы развития науки» – Opole: Wydawca: Sp. zo.o. «Diamondtradingtour», 2013. –С 37-40. (0,238 п.л.)

18. Сторчилов П.А. Внутрипредметные связи в ходе решения задачи / Zbiór raportów naukowych. «Naukadziś: teoria, metodologia, praktyka, problematyka» – Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2014. –С 68-74. (0,3 п.л.)

Список используемой и цитируемой литературы

1. Аббасаде, А.А. Внутрпредметные связи на первой ступени преподавания физики Метод. пособие / А. Аббасаде – Баку: Маариф, 1983. – 106 с.
2. Азимов, А. Популярная физика. От архимедова рычага до квантовой механики / А. Азимов М.: Центрполиграф, 2006. – 752 с.
3. Аксенов, А.А. Теоретические основы реализации внутрпредметных связей посредством решения задач в классах с углубленным изучением математики: дис.....канд. пед. наук: 13.00.02 / А.А. Аксенов. – Орел, 2000. – 160 с.
4. Активизация учебной деятельности учащихся при обучении математике: Методические рекомендации / Под ред. Е.И. Лященко, Т.А. Турчаниновой. – Л.: Изд-во Ленинградского пединститута. 1984. – 76 с.
5. Аналитический отчет о результатах ЕГЭ 2011 г. / под рук. А.Г. Ершов – Электрон. текстовые дан. – Москва: ФИПИ, 2011. – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/sites/default/files/document/1408709946/2.3.fiz-11-11.pdf>, свободный.
6. Аналитический отчет о результатах ЕГЭ 2012 г. / под рук. А.Г. Ершов – Электрон. текстовые дан. – Москва: ФИПИ, 2012. – Режим доступа: http://www.fipi.ru/sites/default/files/document/1408709880/2.3_0.pdf, свободный.
7. Аналитический отчет по результатам ЕГЭ 2010 г. / под рук. А.Г. Ершов – Электрон. текстовые дан. – Москва: ФИПИ, 2010. – Режим доступа: http://www.fipi.ru/sites/default/files/document/1408710028/FI_11_2010.pdf, свободный.
8. Антонов, Н.С. Слагаемые знания (О межпредметных связях в учебном процессе) / Н.С. Антонов. – Архангельск: Сев.-Зап. кн.изд., 1969, – 153 с.
9. Анциферов, Л.Н. Физика: Механика термодинамика и молекулярная физика. 10 класс / Л.Н. Анциферов. – М.: Мнемозина, 2002. – 415 с.

10. Аранова, С.В. Интеграция художественного и логического в обучении школьников с 1 по 8 класс : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / С.В. Аранова. – С.-Петербург. гос. ун-т пед. мастерства : Санкт-Петербург, 2002. – 23 с.

11. Арнольд, В.И. Математическое понимание природы: Очерки удивительных физических явлений и их понимание математиками. / В.И. Арнольд М. : МЦНМО, 2013. – 144 с.

12. Атутов, П.Р. Некоторые вопросы использования наглядности в обучении / П.Р. Атутов – Советская педагогика. – 1967. – N5. – С.79-84.

13. Бавтуто, Г.А. Активизация познавательной деятельности студентов на основе совершенствования внутрипредметных и межпредметных связей
Метод. рекомендации. [Сб. статей] / Мин. гос. пед. ин-т им. А. М. Горького; [Редсовет: Г. А. Бавтуто, А. Г. Петряева – Минск: МПИ, 1981 (вып. дан. 1982). – 93 с.

14. Байдак, В.А. Деятельностный подход в обучении математике в школе: Методические рекомендации для студентов физико-математических факультетов по курсу "Методика преподавания математики". / В.А. Байдак – Омск: Изд-во Омского пединститута, 1990. – 38 с.

15. Бакмаев, Ш.А. О реализации внутрипредметных связей при изучении преобразований тригонометрических выражений // Пути предупреждения формализма в знаниях учащихся при обучении математике: Методические рекомендации / Под ред. Е.И. Лященко, З.И. Новосельцевой. – Л.: Ленинградский пединститут, 1989. – С. 45-53.

16. Балашов, М.М. Физика 9 класс / М.М. Балашов. – М.: Просвещение, 2004.

17. Бахтина, О.И. Внутрипредметные и межпредметные связи в обучении истории / О.И. Бахтина, Н.И. Ворожейкина, Н.И. Запорожец и др. ; Под ред. А. Г. Колоскова – М.: Просвещение, 1990. – 109 с.

18. Белова, Т.В. Совершенствование за счет межпредметных связей курса "математика и информатика" для студентов, обучающихся по

специальности "социально-культурный сервис и туризм" : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Белова Татьяна Владимировна; [Место защиты: Моск. гос. гуманитар. ун-т им. М.А. Шолохова] : Курск, 2009. – 20 с.

19. Бендриков, Г.А., Буховцев, Б.Б. Задачи по физике для поступающих в вузы. Издание третье, переработанное. Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", М., 1976 г. – 384 с.

20. Биркун, Н.И. Реализация межпредметных связей при изучении общепрофессиональных дисциплин в военном вузе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.08 / Кур. гос. ун-т : Курск, 2007. – 22 с.

21. Богус, В.А. Алгоритмизация обучения как один из методов осуществления внутрипредметных связей при изучении математики / В.А. Богус, Л.А. Тузина – Майкоп: Б. И., 1989. – 37 с.

22. Богус, В.А., Внутрипредметные связи элементов математического анализа в курсе математики средней школы : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Моск. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина] : Москва, 1988. – 16 с.

23. Бугаев, А.И. Методика преподавания физики в средней школе. Теорет. основы. Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.

24. Быкова, Н.П. Графовое моделирование как средство оптимизации межпредметных связей в процессе обучения учащихся 8-10 классов решению алгебраических и физических текстовых задач : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Ом. гос. пед. ун-т : Омск, 2006. – 21 с.

25. Василенко, О.А. Формирование межпредметных понятий при обучении математике в основной школе : дис.....канд. пед. наук : 13.00.02 / Василенко Ольга Алексеевна; [Место защиты: Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена] : Санкт-Петербург, 2007. – 134 с.

26. Василькова, Ирина Михайловна. Межпредметные связи физики с курсом физической географии в основной школе : дис.....канд. пед. наук. : 13.00.02 : Челябинск, 2005 – 186 с.

27. Великанов, К.В. Система развития понятия функции в современном курсе математики: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук / НИИ содержания и методов обучения АПН СССР. – М.,1982. – 18 с.

28. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики. / В.С. Волькенштейн – СПб.: «СпецЛит», 2002. – 327 с.

29. Выгодский, Л.С. Мышление и речь: Психологические исследования. / Л.С. Выгодский – М. – Л.: Соцэкгиз, 1934. – 324 с.

30. Выгодский, Л.С. Собрание сочинений. / Л.С. Выгодский – М.: Педагогика, 1982. – Т.1. – 488 с.

31. Гашенко, С.А. Совершенствование графического образования в условиях межпредметной интеграции в вузе : на примере изучения теоретической механики : дис.....канд. пед. наук : 13.00.08 / Гашенко Светлана Александровна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2007. – 181 с.

32. Гельфгат, И.М. 1001 задача по физике / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик. – М.-Харьков: «Илекса», «Гимназия», 1997. – 597 с.

33. Генденштейн, Л.Э. Физика 10 класс / Л.Э. Генденштейн, Ю.И. Дик. – М.: Илекса, 2004. – 352 с.

34. Гнитецкая, Т.Н. Научно-методические и теоретические аспекты внутрипредметных связей: дисс.....канд. пед. наук : 13.00.02 / Т.Н. Гнитецкая – Владивосток, 1998. – 113 с.

35. Гнитецкая, Т.Н. Проектирование целостной модульной технологии обучения физике на основе информационных моделей внутри- и межпредметных связей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Т.Н. Гнитецкая – Владивосток, 2005. – 26 с.

36. Гололобова А.С. Оптимизация структуры программируемого курса // Принципы, правила и приемы составления обучающих программ / Под ред. Т.А. Ильиной, З.С. Харьковского. – М.: 1969. – С.56-61.
37. Громов, С.В. Физика 10 класс / С.В. Громов. – М.: Просвещение, 2002. – 383 с.
38. Громов, С.В. Физика 8 класс / С.В. Громов, Н.А. Родина. – М.: Просвещение, 2002. – 158 с.
39. Громцева, О.И. Сборник задач по физике: 10-11 классы. / О.И. Громцева – М.: Изд-во «Экзамен», 2015. – 208 с.
40. Гуревич, А.Е. Физика 9 класс / А.Е. Гуревич. – М.: Дрофа, 2007. – 288 с.
41. Давыдов, В. В. Теория развивающего обучения. — М.,1996. – 544 с.
42. Давыдова, О.В. Развитие творческого воображения учащихся на основе межпредметных связей : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / [Место защиты: Магнитог. гос. ун-т] : Магнитогорск, 2006. – 20 с.
43. Далингер, В.А. Внутренние связи в процессе обучения математике: Методические рекомендации для студентов физико-математических факультетов / В.А. Далингер – Омск: Изд-во Омского пединститута, 1988. – 36с.
44. Далингер, В.А. Внутрипредметные связи как методическая основа совершенствования процесса обучения математике в школе: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра. пед. наук : 13.00.02 / В.А. Далингер. – СПб., 1992. – 51 с.
45. Далингер, В.А. Методика реализации внутрипредметных связей в школьном курсе алгебры: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук. – М., 1981. – 21 с.
46. Далингер, В.А. Методика реализации внутрипредметных связей при обучении математике: Кн. для учителя / В.А. Далингер. – М.: Просвещение, 1991. – 80 с.

47. Далингер, В.А. Методические рекомендации к проведению обобщающих повторений / В.А. Далингер – Математика в шк. – 1988. – №2. – С. 57-59.

48. Далингер, В.А. Совершенствование процесса обучения математике на основе целенаправленной реализации внутрипредметных связей / В.А. далингер – Омск: ОмИПКРО, 1993. – 323с.

49. Данильчук, В.И. Гуманитаризация физического образования в средней школе. (Личностно-гуманитарная парадигма): Монография. – Волгоград: Перемена, 1996. – 185 с.

50. Дидактика средней школы: Некоторые проблемы соврем. дидактики. / Под ред. М.Н. Скаткина. – М.: Просвещение, 1982. – 319 с.

51. Дубовая, Л.В. Информационная модель внутрипредметных связей: дис.....канд. пед. наук: 13.00.02 / Л.В. Дубовая. – Владивосток, 2004. – 153 с.

52. Елагина, В.С. Психолого-педагогические основы подготовки учителей естественнонаучных дисциплин к деятельности по реализации межпредметных связей в школе / В.С. Елагина; М-во образования Рос. Федерации. Гос. учреждение Информ.-издат. учеб.-метод. центр "Образование" / Челябинск: Изд-во ИИУМЦ "Образование", 2001. – 20 с.

53. Ефименко, В.Ф. Физическая картина мира и мировоззрение / В.Ф. Ефименко – Владивосток: Изд. Дальневосточного университета, 1997. – 160 с.

54. Ефименко, В.Ф., Батурин В.К. Методологические проблемы математизации процесса формирования мировоззрения, в сб. Методы научного познания в обучение физике, М.: МОПИ им. Н.К. Крупской, 1986. С.36-42.

55. Ждан, А.Н. Компьютеризация школы и математическое образование // Математика в школе. – 1989. – N1 – С. 14-30.

56. Задачи по физике / Под ред. О.Я. Савченко. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 368 с.

57. Злобина, С.П. Комплексное применение знаний и умений школьниками по естественнонаучным дисциплинам при обучении физике : автореферат дис. на соиск. степ. д-ра. пед. наук : 13.00.02 / Злобина Светлана Павловна; [Место защиты: Челяб. гос. пед. ун-т] : Челябинск, 2008. – 41 с.

58. Зорина, Л.Я. Дидактические основы формирования системы знаний старшеклассников / Л.Я. Зорина – М.: Педагогика, 1978. – 128 с.

59. Зырянова, И.М. Актуализация межпредметных связей в профессиональном образовании студентов инженерных специальностей : автореф. дис. на соиск. степ. канд. пед наук : 13.00.08 / [Место защиты: Ом. гос. пед. ун-т] : Омск, 2006. – 20 с.

60. Иванова, Е.Б. Проектирование содержания курса физики 7-9-х классов на основе информационной модели межпредметных связей : на примере связи с курсом химии 8-9-х классов : автореф. дис. на соиск. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Иванова Елена Борисовна; [Место защиты: Дальневост. гос. ун-т] : Владивосток, 2007. – 25 с.

61. Иванова, И.А. Аналитические методы решения геометрических задач в школе как средство осуществления в курсе математики внутрипредметных связей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : – М., 1980. – 16 с.

62. Избранные педагогические сочинения / Под. ред. А.И. Пискунова, Г.С. Костюка, Д.О. Лордкипанидзе, М.Ф. Шабаевой. – М.: Педагогика, 1974. – 584 с.

63. Исмухамбетова, А.С., Стефанова, Г.П. Формирование единого энергетического подхода к изучению физических явлений разной природы / Гуманитарные исследования. 2013. № 1 (45). С. 084-090.

64. Кабардин, О.Ф. Факультативный курс физики: 10 кл. Пособие для учащихся / О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, Н.И. Шеффер. – М.: Просвещение, 1987. – 584 с.

65. Каменецкий, С.Е. Применение аналогий в курсе физики средней школы: автореф. дис. на соиск. степ. канд. пед. наук. – М., 1959. – 13 с.

66. Карма, А.Е. Межпредметные связи технологического и естественнонаучного образования как средство социализации учащихся основной школы : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / Карма Альбина Евгеньевна; [Место защиты: Ин-т содержания и методов обучения РАО] : Москва, 2007. – 22 с.

67. Карпухина, Е.А. Межпредметные задачи как средство предпрофильной подготовки учащихся при обучении физике : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Карпухина Елена Анатольевна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2008. – 20 с.

68. Касьянов, В.А. Физика 10 класс / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2000. – 420 с.

69. Кийко, П.В. Математическое моделирование как системообразующий фактор в реализации межпредметных связей математики и спецдисциплин в обучении будущих экономистов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Ом. гос. пед. ун-т] : Омск, 2006. – 23 с.

70. Кикоин, И.К. Физика 10 класс / И.К. Кикоин, А.К. Кикоин. – М.: Просвещение, 2004. – 192 с.

71. Кирик, Л.А., Генденштейн Л.Э., Гельфгат И.М. Задачи по физике для профильной школы с примерами решений. 10–11 классы / Под ред. В.А. Орлова. – М.: ИЛЕКСА, 2012. – 416 с.

72. Кириллов, В.К. Реализация внутрипредметных связей в формировании научных понятий у учащихся (на материале предметов естественно-математического цикла) : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук – М., 1979. – 17 с.

73. Климова, Д.Н. Профильная ориентация обучающихся основной школы на основе межпредметной интеграции : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / Климова Дарья Николаевна; [Место защиты: Кузбас. гос. пед. акад.] : Новокузнецк, 2007. – 20 с.

74. Кодиров, Б.Р. Дидактические основы межпредметных связей естественно-математических дисциплин, направленные на формирование творческого мышления учащихся средней школы : дис.....док. пед. наук : 13.00.01 / [Место защиты: Акад. пед. наук Республики Таджикистан] : Душанбе, 2006. – 378 с.

75. Колесникова, Е.Я. Формирование готовности студентов языкового факультета педагогического вуза к изучению и преподаванию немецкой литературы с использованием межпредметных связей : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.08, 13.00.02 / [Место защиты: Сам. гос. пед. ун-т] : Самара, 2007. – 22 с.

76. Костюченко, Р.Ю. Метод аналогии как средство реализации внутрипредметных связей при обучении стереометрии: учеб. пособие / Р.Ю. Костюченко. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 1999. – 77 с.

77. Костюченко, Р.Ю. Обучение учащихся предельной аналогии при реализации внутрипредметных связей школьного курса геометрии: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : (13.00.02) / [Место защиты: Омский гос. ун-т.] : Омск, 2000. – 21 с.

78. Костюченко, Р.Ю. Обучение учащихся предельной аналогии при реализации внутрипредметных связей школьного курса геометрии: дис..... канд. пед. наук : 13.00.02 / Р.Ю. Костюченко. – Омск, 2000. – 202 с.

79. Крыговская, А.С. Развитие математической деятельности учащихся и роль задач в этом развитии // Математика в школе. – № 6. – 1966. – С.19-30.

80. Кряжева, Е.В. Развитие технического мышления у будущих специалистов на основе межпредметной интеграции : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. психолог. наук : 19.00.07 / Кряжева Елена Вячеславовна; [Место защиты: Ярослав. гос. пед. ун-т им. К.Д. Ушинского] : Ярославль, 2009. – 23 с.

81. Кузнецова, Л.Г. Формирование межпредметных связей информатики и математики в методической системе обучения студентов непрофильных

вузов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Ин-т содер. и метод. обучения РАО] : Москва, 2006. – 40 с.

82. Кузьменко, М.В. Развитие межпредметных связей курса математики в средних профессиональных учебных заведениях : для специальностей группы "Информатика и вычислительная техника" : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Кузьменко Мария Викторовна; [Место защиты: Ин-т содержания и методов обучения РАО] : Москва, 2007. – 20 с.

83. Кулько, В.А. Формирование у учащихся умений учиться : Пособие для учителей / В.А. Кулько, Т.Д. Цехмистрова – М.: Просвещение. 1983. – 80 с.

84. Кулюткин, Ю.Н. Эвристические методы в структуре решений / Ю.Н. Кулюткин – М.: Педагогика, 1970. – 232 с.

85. Курдин, Д.А. Формирование интуитивного компонента геометрической подготовки школьников при обучении математике в 5-6 классах : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Волж. гос. инженер.-пед. ун-т] : Нижний Новгород, 2006. – 18 с.

86. Курчаткина, И.Е. Модель проектирования интегративных курсов для старших классов общеобразовательной школы : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / Курчаткина Ирина Евгеньевна; [Место защиты: Акад. повышения квалификации и проф. переподгот. работников образования] : Москва, 2007. – 23 с.

87. Ланге, В.Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку: Учебное руководство / В.Н. Ланге – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 128 с.

88. Ланда, Л.Н. Умение думать. Как ему учить? / Л.Н. Ланда – М.: Знание, 1975. – 64 с.

89. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики. Том 1 / Г.С. Ландсберг – М.: Изд-во «Физико-математическая литература». 2001. – 607 с.

90. Лернер, И.Я. Качества знаний учащихся. Какими они должны быть / И.Я. Лернер – М.: Знание, 1978. – 48 с.

91. Лернер, И.Я. Процесс обучения и его закономерности / И.Я. Лернер – М.: Знание, 1980. – 96 с.

92. Лобжанидзе, А.А. Этнокультурная парадигма школьного географического образования как средство реализации культурологического подхода : автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. пед. наук : 13.00.02 / Лобжанидзе Александр Александрович; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2008. – 48 с.

93. Лозинская, А.М. Фреймовое структурирование содержания обучения физике в рамках модульной технологии. Педагогическое образование в России. 2014. № 1. С. 80-89.

94. Лозинская, А.М. Модульно-рейтинговая технология как средство повышения эффективности обучения физике в учреждениях среднего профессионального образования: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук / [Место защиты: Уральский государственный педагогический университет] : Екатеринбург, 2009. – 25 с.

95. Лозовская, Е.Г. Роль и пути реализации внутрипредметных связей в процессе изучения историко-экономического материала эпохи феодализма : (VII класса) : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Моск. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина] : Москва, 1989. – 15 с.

96. Максимова, В. Н. Межпредметные связи в процессе обучения. — М.: Просвещение, 1989.

97. Максимова, В. Н. Межпредметные связи в учебно-воспитательном процессе современной школы. — М.: Просвещение, 1986.

98. Маслова, Г.Г., Кузнецова, Л.В. Внутрипредметные связи в курсе математики // Система межпредметных связей по предметам естественно-математического цикла: Сборник научных трудов. – М.: Изд-во НИИ содержания и методов обучения АПН СССР, 1981.

99. Матюшкин, А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / А.М. Матюшкин – М., 1972. – 208 – с.

100. Махсудова, У.М. Изучение вектора в VII - IX классах как одно из средств реализации внутрипредметных связей при обучении математике : дис.....канд. пед. наук : 13.00.02 / Дагестан. гос. пед. ун-т : Махачкала, 2004. – 128 с.

101. Межпредметные и внутрипредметные связи как резерв повышения эффективности обучения. – М.: Изд-во НИИ СиМО АПН СССР, 1975. – 132 с.

102. Монахов, В.М., Гуревич, В.Ю. Методика исследования внутрипредметных и межпредметных связей в предметах естественно-научного цикла // Теоретические основы естественно-математического образования в средней школе / Под ред. В.М. Монахова. – М: Изд-во НИИ СиМО АПИ СССР, 1978. – С. 4-33.

103. Монахов, В.М., Гуревич, В.Ю. Об одном методе системного анализа внутрипредметных связей // Математика в школе. 1980. № 2. С. 54-57.

104. Муравин, К.С. Принцип внутрипредметной связи как средство построения системы упражнений по алгебре в восьмилетней школе: дис..... канд. пед. наук : – М., 1967. – 174 с.

105. Муравин, К.С. Принцип внутрипредметной связи как средство построения системы упражнений по алгебре в восьмилетней школе: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : – М., 1967. – 17 с.

106. Мякишев, Г.Я. Физика. Электродинамика. 10–11 классы. Профильный уровень. / Г. Я. Мякишев, А. З. Сиянков, Б. А. Слободсков Г. Я. Мякишев, А. З. Сиянков, Б. А. Слободсков. – М.: Дрофа, 2008. – 480 с.

107. Мякишев, Г.Я. Физика 11 класс / Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. 19-е изд. – М.: Просвещение, 2010. – 399 с.

108. Мякишев, Г.Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский – М.: Просвещение, 2010. – 366 с.

109. Назаретов, А.П. Внутрипредметные связи как методическая основа совершенствования процесса обучения математике на

подготовительных курсах вузов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / А.П. Назаретов. – М., 1997. – 21 с.

110. Нассер, М. Методика реализации межпредметных связей посредством решения прикладных задач в процессе обучения математике в вузе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Нассер Минур; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова] : Москва, 2008. – 23 с.

111. Недошивкин, Е.Ф. Внутрипредметные связи при изучении уравнений и неравенств в курсе математики 4-8 классов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / [Место защиты: Моск. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина] : Москва, 1989. – 16 с.

112. Новинский, И.И. Понятие связи в марксистской философии / И.И. Новинский – М.: Высшая школа, 1961. – 200 с.

113. Ньютон, И. Математические начала натуральной философии / И. Ньютон – М.: Наука, 1989. – 670 с.

114. Образцов, П.И. Психолого-педагогические аспекты разработки и применения в вузе информационных технологий обучения / П.И. Образцов – Орловский государственный технический университет. – Орел, 2000. – 145 с.

115. Окольников, Ф.Б. Интеграция экспериментальных химических умений учащихся : на примере химии и биологии : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Окольников Фёдор Борисович; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2008. – 17 с.

116. Оконь В. Введение в общую дидактику. / В. Оконь – М.: Высшая школа, 1990. – 383с.

117. Парфентьева, Н.А. Решение задач по физике. В помощь поступающим в Вузы. Часть I / Н.А. Парфентьева, М.В. Фомина, – М.: Мир, 1993. – 216 с.

118. Петров, В.А., Шмойлов, А.В. Содержание межпредметных связей в системе образования // Образование и общество №1(7). 2001. С. 98-100.

119. Пойа, Д. Как решать задачу / Д. Пойа – М.: Учпедгиз, 1959. – 208 с.
120. Полат, Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учебное пособие для студентов педагогических вузов и системы повышения квалификации педагогических кадров / Е.С. Полат, М.Ю.Бухаркина, М.В. Моисеева, А.Е. Петров. –М.: «Академия», 2002. – 272 с.
121. Преемственность в обучении математике. Пособие для учителей / Сост. А.М. Пышкало. – М.: Просвещение, 1978. – 239 с.
122. Прояненкова, Л.А. Деятельностный подход в обучении физике // Физика в школе. - 2005. - № 1. – С. 34-41.
123. Прояненкова, Л.А. Деятельностный подход в обучении физике // Физика в школе. - 2005. - № 1. - С. 34-41.
124. Прояненкова, Л.А. Изучение нового материала темы как решение цепочки по-знавательных задач / Л.А.Прояненкова, С.В.Лозовенко // Физика в школе. - 1995. - N 4. – С.25-29.
125. Прояненкова, Л.А. Изучение нового материала темы как решение цепочки по-знавательных задач / Л.А.Прояненкова, С.В.Лозовенко // Физика в школе. - 1995. - N 4. - С.25-29.
126. Пурышева, Н.С. Физика 9 класс / Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, В.М. Чаругин. – М.: Дрофа, 2007. – 285 с.
127. Пурышева, Н.С. Фундаментальные эксперименты в физической науке. Элективный курс: Учебное пособие / Н.С. Пурышева, Н.В. Шаронова, Д.А. Исаев. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 159 с.
128. Разумовский, В.Г. Физика 8 класс / В.Г. Разумовский, В.А. Орлов, Ю.И. Дик, Г.Г. Никифоров, В.Ф. Шилов. – М.: Владос, 2010. – 319 с.
129. Рамзаев, Т.Г. Реализация межпредметных и внутрипредметных связей в обучении и воспитании младших школьников. Межвуз. сб. науч. тр. // Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена; [Отв. ред. Т. Г. Рамзаева] – Л.: ЛГПИ, 1984. – 133 с.

130. Рамзаева, Т.Г. Внутрипредметные и межпредметные связи в начальном обучении : Межвуз. сб. науч. тр. // Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена; [Отв. ред. и авт. предисл. Т. Г. Рамзаева] – : Л.: ЛГПИ, 1981. – 130 с.
131. Рамзаева, Т.Г. Межпредметные и внутрипредметные связи как средство повышения качества обучения младших школьников Межвуз. сб. науч. тр. // Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена; [Редкол.: Т. Г. Рамзаева (отв. ред.) и др.] – Л.: ЛГПИ, 1987. – 325 с.
132. Резник, Н.И. Инвариантная основа внутрипредметных, межпредметных связей : Методол. и метод. аспекты / Н. И. Резник – М-во обороны РФ. Дальневост. рег. учеб.-метод. центр и др. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1998. – 205 с.
133. Резник, Н.И. Инвариантная основа внутрипредметных, межпредметных связей: методологические и методические аспекты. Моногр. - Владивосток: Изд. ДВГУ, 1998.-206 с.
134. Российская педагогическая энциклопедия: В 2 тт./ Гл. ред. В.В. Давыдов. - М.: Большая Российская энциклопедия, 1998 – 672 с.
135. Рубенштейн, С.Л. О мышлении и о путях его исследования / С.Л. Рубенштейн – М.: Изд-во АПН СССР, 1958. – 146 с.
136. Рыбакова, Т. В. Внутрипредметные связи как методическая основа формирования общебиологических понятий : дис.....канд. пед. наук: 13.00.02 / Красноярск, 2002 – 162 с.
137. Рыбакова, Т.В. Внутрипредметные связи как методическая основа формирования общебиологических понятий: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Т.В. Рыбакова. – М., 2002. – 18 с.
138. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике. 15-е изд. / А.П. Рымкевич – М.:Просвещение, 1994. – 204 с.
139. Самарин, Ю.А. Знания, потребности и умения как динамическая основа умственных способностей // Проблема способностей / Отв. ред. В.Н. Мясищев. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. – С.42-52.

140. Самарин, Ю.А. Очерки психологии ума / Ю.А. Самарин – М.: Акад.пед.наук, 1962 – 504 с.
141. Самарин, Ю.А. Психологические основы системности и динамичности умственной деятельности школьника (среднего и старшего возраста) : автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. психолог. наук. – Л., 1955. – 29 с.
142. Саранцев, Г.И. Гуманитаризация математического образования и его состояние сегодня // Математика в школе. – 2006. – № 4. – С. 57-62.
143. Седов, С.А. Внутрипредметная интеграция содержания технологического образования в основной общеобразовательной школе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / Седов Сергей Алексеевич; [Место защиты: Ин-т педагогики и психологии профессионального образования РАО] Казань, 2008. – 21 с.
144. Селютин, В.Д. Укрепление внутрипредметных связей школьного курса математики средствами стохастики : монография / Селютин В. Д., Терехова Л. А. ; Российская Федерация, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Орловский гос. ун-т" – Орел: Орловский гос. ун-т, 2008. – 196 с.
145. Серополова, Е.А. Формирование естественнонаучных понятий в процессе обучения физике в основной школе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Серополова Елена Яковлевна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2008. – 24 с.
146. Скаткин М.Н., Батурина Г.И. Межпредметные связи, их роль и место в процессе обучения // Межпредметные связи в процессе преподавания основ наук в средней школе: Тезисы Всесоюзной конференции, ч. I. – М.: Изд-во НИИ ОП АПН СССР, 1973ю – С. 18-23.
147. Смирнов А.В., Смирнов С.А. Семантическая сеть решения задач по кинематике движения тела по окружности // Физика в школе. 2013. № 6. С. 46-47.

148. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – 4-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 1632 с.
149. Сохор, А.М. Об анализе внутрипредметных связей учебного материала // Новые исследования в педагогических науках – Выпуск IV / А.М. Сохор – М.: Просвещение, 1965. – С. 27-31.
150. Стефанова, Г.П. Новое содержание принципа практической направленности подготовки учащихся / Наука и школа. 2010. № 2. – С. 13-16.
151. Сюткина, О.В. Межпредметная интеграция в образовании в России, Германии и США: история и современность : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.01 / Чуваш. гос. пед. ун-т им. И.Я. Яковлева : Чебоксары, 2006. – 18 с.
152. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф. Талызина – М.: МГУ – 1975. – 344 с.
153. Теоретические основы содержания общего среднего образования / Под ред. Краевского В.В., Лернера И.Я. – М.: Педагогика, 1983. – 352 с.
154. Теория и методика обучения физики в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др.; Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.
155. Терехова, Л.А. Элементы стохастики как средство укрепления внутрипредметных связей школьного курса математики : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Терехова Лидия Анатольевна; [Место защиты: Орлов. гос. ун-т] : Орел, 2008. – 17 с.
156. Тульчинский, М.Е. Сборник качественных задач по физике / М.Е. Тульчинский – М.: Просвещение, 1965. – 236 с.
157. Турчин, Э.М. Обобщение и систематизация знаний учащихся по механике на основе внутрипредметных связей: дис.....канд. пед. наук: 13.00.02 / Э.М. Турчин. – М., 1984. – 258 с.
158. Уемов, А.И. Логические основы метода моделирования/ А.И. Уемов – М.: Мысль, 1971. – 312 с.

159. Усова, А.В. Межпредметные связи как необходимое дидактическое условие повышения научного уровня преподавания основ наук в школе. Выпуск 1. – Челябинск, 1973. – С.23-28.
160. Ушинский, К.Д. Сочинения / К.Д. Ушинский – М. – Л.: АПН РСФСР, 1948. – Т.3. – 689с.
161. Федорец, Г.Ф. Межпредметные связи в процессе обучения Учеб. пособие / Г.Ф. Федорец – Л.: ЛГПИ, 1983. – 87 с.
162. Фридман, Л.М. Как научиться решать задачи: Кн. для учащихся. – 2-е изд., перераб. и доп. / Л.М. Фридман, Е.Н. Турецкий – М.: Просвещение, 1984. – 175 с.
163. Фридман, Л.М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач / Л.М. Фридман – М.: Педагогика, 1977. – 208 с.
164. Хуторской А.В. Статья «Технология проектирования ключевых компетенций и предметных компетенций». // Интернет- журнал "Эйдос" (доступно по <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>, проверено 8.09.2015).
165. Черепанов, М.В. Межпредметные и внутрипредметные связи лингвистических дисциплин. Межвуз. сб. науч. тр. / Саратов. гос. пед. ин-т им. К. А. Федина; [Редкол.: М. В. Черепанов (отв. ред.) и др.] – Саратов: СГПИ, 1985. – 133 с.
166. Чижов, Г.А. Физика 10 класс / Г.А. Чижов, Н.К. Хананов. – М.: Дрофа, 2003. – 477 с.
167. Шеварев, П.А. Обобщение ассоциаций в учебной работе школьника / П.А. Шеварев – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 303 с.
168. Шелехова, Н.О. Организационно-педагогические условия формирования умения реализации межпредметных связей в современной школе / Н.О. Шелехова, Г.Д. Орехова // Социально-культурные и психолого-педагогические проблемы и перспективы развития современного профессионального образования в России: сборник статей Международной научно-практической конференции. С.-Петербург, Тула, Тольятти, Пенза, 3–5 ноября 2004 г. – С. 237–239.

169. Шелехова, Н.О. Подготовка учителей физики к реализации межпредметных связей на основе совместной продуктивной деятельности преподавателя и студентов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Краснояр. гос. пед. ун-т : Красноярск, 2006. – 203 с.

170. Шелехова, Н.О. Диагностика и процедура отслеживания сформированности у студентов умения реализации межпредметных связей в современной школе / Н.О. Шелехова // Научно-образовательный потенциал нации и конкурентоспособность страны: сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза, 25–26 ноября 2004 г. Пенза, 2004. – С.161-164.

171. Шеншев, Л.В. Компьютеризация школьного образования как комплексная проблема // Вопросы психологии. – 1987. – №1. – С. 89-98.

172. Шибаяев, В.П. Моделирование и организация учебной деятельности студентов на основе междисциплинарной интеграции : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.08 / Шибаяев Владимир Петрович; [Место защиты: Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т] : Ставрополь, 2008.– 21 с.

173. Шило, Н.Г. Формирование системности знаний учащихся на заключительном этапе решения геометрических задач: дис.....канд. пед. наук. – М., 1997. – 219 с.

174. Шилов, В.Ф. Методика обучения физике. 9 класс / В.Г. Разумовский, В.Ф. Шилов, В.А. Орлов, Г.Г. Никифоров – М.: Владос, 2010. – 185 с.

175. Эльконин, Д.Б. Психология обучения младшего школьника / Д.Б. Эльконин – М.: Знание, 1974. – 64 с.

176. Эрдниев, П.М., Укрупнение дидактических единиц в обучении математике: Кн. для учителя / П.М. Эрдниев, В.П. Эрдниев – М.: Просвещение. 1986. – 255 с.

177. Эсаулов, А.Ф. Психология решения задач / А.Ф. Эсаулов – М.: Высш. шк., 1972. – 216 с.

178. Яворук, О.А. Межпредметные связи в процессе обучения основам естественных наук в школе. Развитие мышления в процессе обучения физике. 2004. № 1 (1). С. 21-31.

179. Яворук, О.А. Перспективы дидактики межпредметных связей, Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. – 188 с.

180. Яворук, О.А., Искандеров Н.Ф. Виды внутриспредметных связей в школьном курсе физики. Мир науки, культуры, образования. 2012. № 6 (37). С. 161-163.

181. Яковец, Е.Е. Преодоление математических затруднений учащихся при обучении физике в основной школе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Яковец Елена Евгеньевна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т] : Москва, 2007. – 20 с.

182. Drake S.M., Burns R.C. Meeting standards through integrated curriculum. Alexandria, Virginia, USA : ASCD, 2004.

183. Klein, Julie Thompson. Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplinarity. Charlottesville: UP of Virginia, 1996.

184. Moran, Joe. Interdisciplinarity. London and New York: Routledge, 2002.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1.

Рабочая программа элективного курса «Механические колебания»

Пояснительная записка.

Современный школьный курс физики не ориентирован на формирование или реализацию внутрипредметных связей, хотя эти цели стоило бы выделить как основополагающие для обучения. Особенно в этом плане пострадала тема механические колебания. Время, отводимое на изучение этого раздела чрезвычайно мало, между тем, знания и внутрипредметные связи, заложенные в нём распространяются на оптические явления, звук, электромагнитные колебания и некоторые другие. При этом не стоит забывать, что сам раздел базируется на знании механических явлений, а соответственно реализует большое количество внутрипредметных связей.

Предлагаемая программа, базирующаяся на теоретической модели курса реализующего внутрипредметные связи, дает более полное представление о колебаниях, их месте в физической науке и роли в жизни человека.

Актуальность: связана с тем, что курс ориентирован на целенаправленную реализацию внутрипредметных связей курса физики. В рамках данного курса рассматриваются явления, принадлежащие разделу механические колебания.

Необходимость разработки данной программы объясняется отсутствием каких-либо элективных курсов ориентированных в первую очередь на целенаправленную реализацию внутрипредметных связей.

Основная цель курса – познакомить учащихся с материалом и реализовать внутрипредметные связи курса механические колебания.

Направленность курса: создание прочной системы внутрипредметных связей, углубление и реализация внутрипредметных связей посредством специально подготовленной для этой цели модели курса. Занятия проводятся 1 час в неделю в течение полугодия.

Курс способствует:

- поддержанию интереса к изучению физики;
- развитию умения ориентировать в полученных знаниях.

Целями данной программы являются:

- реализация внутрипредметных связей;
- развитие интереса к физике;
- развитие логического мышления;
- развитие понимания взаимосвязи знаний в курсе физике.

Задачи курса:

- углубить знания учащихся о разделе механические колебания и физической науки;
- закрепление знаний учащихся по физике на основе целенаправленной реализации внутрипредметных связей;
- развитие способностей понимания тесной связи различных тем и элементов знания в физике.

Программа элективного курса составлена на основе федерального компонента государственного стандарта общего образования в соответствии с программой для общеобразовательных учреждений, рекомендованной министерством образования и науки Российской Федерации. Данная программа элективного курса разработана на базе модели элективного курса реализующего внутрипредметные связи. Настоящий курс рассчитан на преподавание в объёме 17 часов. Данный элективный курс «Механические колебания» является основой для реализации внутрипредметных связей в курсе физике, расширении представления о связях внутри физики. Отводимого времени на изучение физики в старшей школе, недостаточно для целенаправленной и методичной реализации внутрипредметных связей. Таким образом, программа направлена на создание условий для эффективной реализации внутрипредметных связей,

Организация образовательного процесса предполагает следующие формы работы на элективных занятиях:

- эвристические обсуждения материала;
- лекционное изложение материала;
- практикум решения физических задач;
- уроки-исследования.

Технологии обучения:

Технологии, основанные на интенсификации и активизации процессов реализации внутрипредметных связей, уроки-лекции, уроки-практикумы, уроки решения задач, использование ИКТ

После изучения курса :

Учащиеся должны знать: механические колебания в жизни, смыслы основных понятий раздела механические колебания, физических величин используемых в данном материале, графическое представление колебательных явлений.

Учащиеся должны уметь: математически описывать изучаемые колебательные явления, решать задачи на механические колебания, выделять существенные признаки механических колебаний, представлять графически процессы различных механических колебаний, видеть взаимосвязь различных явлений и понятий в физике.

Календарно-тематическое планирование

№ модуля	Наименование темы	Всего часов	Элементы содержания	Требования к уровню подготовки обучающегося
1	Колебательные явления в жизни	2	<p>Рассматривание различных явлений, которые на первый взгляд не связаны с колебанием:</p> <ul style="list-style-type: none"> • появление приливов и отливов, • движение отдельных деталей и общее функционирование двигателя внутреннего сгорания, • движений моста, • переменный ток, • мяч падающий на поверхность, • землетрясение, • скрип мела по доске, • вращения Земли вокруг Солнца, • сезонные изменения уровня воды в реке, • смена дня и ночи, • биение сердца. • процесс дыхания человека. 	<p>Учащиеся должны знать: проявляя механических колебаний в жизни.</p> <p>Учащиеся должны уметь: выделять существенные признаки механических колебаний</p>
2	Графические модели колебательных явлений	3	<p>Построение и изучение свойств графических моделей, рассмотренных в предшествующем блоке объектов и явлений.</p> <p>Графические модели наиболее близки к материальным, соответственно, они легче</p>	<p>Учащиеся должны знать: графическое представления</p>

			<p>воспринимаются и интерпретируются на основе полученных знаний, готовя учеников к будущему теоретическому описанию явлений.</p> <p>Кроме того, графические модели позволяют уточнить как определения основных понятий, так и прояснить их взаимосвязь, то есть, сделать еще один виток в реализации внутрипредметных связей. Рассмотрение графического описания явлений изученных в прошлом блоке (появление приливов и отливов, движение отдельных деталей и общее функционирование двигателя внутреннего сгорания, рассмотрение движений моста, переменный ток, мяч падающий на поверхность, землетрясение, скрип мела по доске, вращения Земли вокруг Солнца, сезонные изменения уровня воды в реке, смена дня и ночи, биение сердца.</p> <p>процесс дыхание человека)</p>	<p>колебательных явлений.</p> <p>Учащиеся должны уметь: представлять графически процессы различных механических колебаний</p>
3	Математические модели и теоретическое описание механических колебаний	5	Математическое описание колебательных движений, изучение теоретического материала раздела механические колебания.	Учащиеся должны знать: смыслы основных понятий раздела механические колебания, физических величин

3.1		1	Периодическое движение, период, кинематика колебаний математического маятника.	использующихся в данном материале. Учащиеся должны уметь: математически описывать изучаемые колебательные явления
3.2		1	Гармонические колебания, частота, сдвиг фаз.	
3.3		1	Динамика колебаний маятника, формула периода колебаний математического маятника.	
3.4		1	Упругие колебания, крутильные колебания, затухающие колебания, сила трения в колебательных системах.	
3.5		1	Резонансные явления, резонанс, влияние трения на резонанс, действие негармонической силы в резонансных явлениях,	
4	Задачи	7		Учащиеся должны уметь: решать задачи на механические колебания.
	Колебания материальной точки	1	Решение задач на колебания материальной точки	
	Колебания пружинного маятника	1	Решение задач на колебания пружинного маятника	
	Колебания математического маятника	1	Решение задач на колебания математического маятника	

	Колебательные системы	2	Решение задач на колебания различных колебательных систем	
	Гармонические колебания	2	Решение задач связанных с гармоническим колебаниями	
	Итого	17		

Содержание рабочей программы

1. Колебательные явления в жизни (2 ч.)

Цель: формирование знаний об основных параметрах колебательного движения, составляющие основу дальнейшего изучения материала курса.

Рассматриваются явления, которые в конечном итоге приводят к понимаю явления колебаний. Определится круг характерных признаков этих явлений. Следующие явления могут использоваться для рассмотрения:

- появление приливов и отливов;
- движение отдельных деталей и общее функционирование двигателя внутреннего сгорания;
- рассмотрение движений моста?!;
- переменный ток;
- мяч, падающий на поверхность;
- землетрясение;
- скрип мела по доске;
- вращения Земли вокруг Солнца;
- сезонные изменения уровня воды в реке;
- смена дня и ночи;
- биение сердца;
- процесс дыхания человека.

2. Графические модели колебательных явлений (3 ч.)

Цель: формирование знаний об основных графических характеристиках колебаний, реализация внутрипредметных связей в рамках раздела колебаний и формирование единого подхода к рассмотрению различных явлений.

Требования к уровню подготовки учащихся:

Вид контроля:

3. Математические модели и теоретическое описание механических колебаний и волн (5 ч.)

Цель: формирование теоретических знаний и формирование теоретического метода описания физических явлений.

4. Задачи (7 ч.)

Цель: формирование логического мышления, применения теоретических знаний на практике, корректировка и реализация внутрипредметных связей.

Литература:

1. Мякишев, Г.Я. Физика 11 класс / Г.Я. Мякишев А.З. Синяков. – М.: Дрофа, 2008.
2. Мякишев, Г.Я. Физика 11 класс / Г.Я. Мякишев Б.Б. Буховцев. – М.: Просвещение, 2007.
3. Задачи по физике / Под ред. О.Я. Савченко. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001.
4. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Часть I. Начальное общее образование. Основное общее образование. / Министерство образования Российской Федерации. – М. 2004. – 221 с.
5. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики / Том 1. – М.: Изд-во «Физико-математическая литература». 2001. – 607 с.
6. Парфентьев Н.А. Решение задач по физике. В помощь поступающим в вузы. Часть 2. / Парфентьев Н.А., Фомина М.В. – М.: Мир, 1993. – 206 с.

Приложение №2.

Задача 1

Уравнение колебаний математического маятника имеет вид

$$x = 2 \sin \left(2\pi t + \frac{\pi}{2} \right),$$

где x измеряется в сантиметрах. Масса колеблющегося тела 5 г. Определите полную механическую энергию тела и постройте зависимости потенциальной энергии и кинетической энергии от времени

Решение:

Кинетическая энергия колеблющегося тела определяется по формуле

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2(2\pi + \frac{\pi}{2})}{2}$$

Где $A = 0,02$ м, $\omega = 2\pi$ с⁻¹

Проверяются связи «масса-скорость», «масса-энергия», «скорость-закон сохранения», «скорость энергия»

Потенциальная энергия колеблющегося тела

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

Где $k = m\omega^2$

$$E_n = \frac{kA^2\omega^2 \sin^2(2\pi t + \frac{\pi}{2})}{2}$$

Проверяются связи «время-энергия»

Полная энергия колеблющегося тела

$$E = E_k + E_n = \frac{mA^2\omega^2}{2}, E = 3,95 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$

Задача 2

Энергия колеблющегося на невесомой пружине груза равна $2 \cdot 10^{-2}$ Дж.

Определите амплитуду колебаний. Жесткость пружины $10^2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Решение:

Полная энергия колеблющегося тела

$$E = \frac{mA^2\omega^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

Проверяются связи «масса-энергия», «скорость-законы сохранения»,

Откуда $A = \sqrt{\frac{2E}{k}}$, $A = 2 \cdot 10^{-2}$ м.

Задача 3

Шарик массой 5 г. Колеблется по закону

$$x = 4 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + 0,5 \right),$$

где x измеряется в сантиметрах. Период колебаний 4 с. Чему равно максимальное значение силы, действующей на шарик?

Решение:

Из выражения для силы, вызывающей гармонические колебания, получаем

$$F = ma_x = -mA\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

Проверяются связи «масса-сила», «сила-движение», «время-сила»

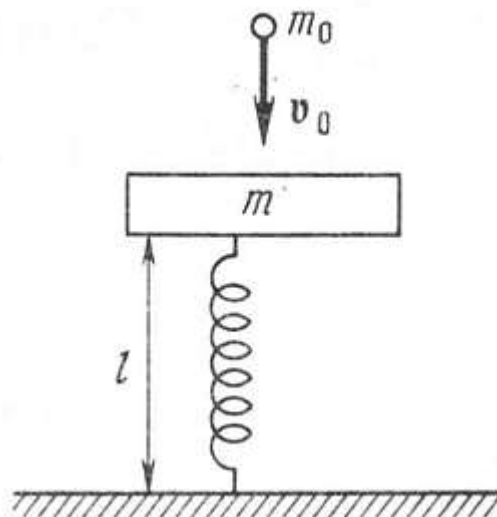
Где, $A = 4 \cdot 10^{-2}$ м, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \text{ с}^{-1}$, $\varphi_0 = \pi$

Максимальное значение силы

$$F_{\text{макс}} = mA\omega^2, F_{\text{макс}} = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

Задача 4

На пружине длиной l и жесткостью k находится тело массой m .



В него сверху со скоростью v_0 влетает пуля, которая застревает в нем. Масса пули m_0 . Найдите при этом амплитуду и частоту колебаний тела, а также напишите уравнение этих колебаний.

Решение:

В положении равновесия пружина сжата на величину x_0 , определяемую из условий равновесия:

$$mg = kx_0, \quad x_0 = \frac{mg}{k}$$

Проверяются связи «масса-сила»

Взаимодействие пули и тела абсолютно неупругое. Закон сохранения импульса для пули и тела имеет вид

$$m_0V_0 = (m_0 + m)V,$$

Проверяются связи «масса-скорость», «масса-закон сохранения импульса»

Или в проекции на ось x , направленной вертикально вниз.

$$m_0v_0 = (m_0 + m)v,$$

Откуда

$$v = \frac{m_0v_0}{m_0 + m},$$

Максимальная кинетическая энергия системы равна ее полной энергии:

$$E = \frac{(m_0 + m)v^2}{2} = \frac{kA^2}{2},$$

Проверяются связи «масса-скорость», «масса-энергия», «скорость-законы сохранения», «скорость-энергия»

Тогда,

$$A = v \sqrt{\frac{m_0 + m}{k}} = \frac{m_0v_0}{\sqrt{k(m_0 + m)}}$$

Скорость равна

$$v = A\omega, \quad \omega = \frac{\omega}{A} = \sqrt{\frac{k}{m_0 + m}}$$

Проверяются связи «масса-скорость»

Уравнение колебаний имеет вид:

$$x = (l - x_0) - A \sin \omega t = \left(l - \frac{mg}{k} \right) - \frac{m_0v_0}{\sqrt{k(m_0 + m)}} \cdot \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m_0 + m}} t \right),$$

Задача 5

Брусок массой 1 кг. прикрепленный пружиной к стене, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной плоскости. В момент прохождения бруском положения равновесия на него вертикально падает

кусок пластилина массой 0,2 кг. и прилипает к нему. Во сколько раз изменится амплитуда колебаний?

Решение:

Взаимодействие бруска и упавшего на него пластилина абсолютно неупругое. Закон сохранения импульса для бруска и пластилина имеет вид

$$mv_1 = (m_0 + m)v_2,$$

Проверяются связи «масса-скорость», «масса-закон сохранения импульса»

Откуда

$$v_2 = \frac{mv_1}{m_0 + m},$$

Максимальная скорость бруска с прилипшим к нему пластилином. Амплитуда колебаний бруска

$$A_1 = \frac{v_1}{\omega_1}, \quad \text{где } \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Амплитуда колебаний бруска с прилипшим к нему пластилином

$$A_2 = \frac{v_2}{\omega_2}, \quad \text{где } \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{m_0 + m}}$$

Тогда

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\omega_1 v_2}{\omega_2 v_1} = \frac{m}{m_0 + m} \sqrt{\frac{m_0 + m}{m}} = \sqrt{\frac{m_0 + m}{m}}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0,91$$

Задача 6

Груз массой m , подвешенный на пружине жесткостью k , колеблется с амплитудой A . В момент максимального растяжения пружины от груза отлетает $1/4$ часть его массы. На какую высоту поднимется оставшаяся часть

Решение:

В момент отрыва массы m_0 , потенциальная энергия пружины имела максимальное значение

$$E_{\text{п}} = \frac{kA^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Так как $k = m\omega^2$

Эта же энергия является и полной механической энергией системы

$$E = \frac{(m - m_0)A_1^2\omega_1^2}{2}$$

Проверяются связи «масса-энергия», «масса-скорость», «скорость-энергия»

$$\text{Где } \omega_1^2 = \frac{k}{(m-m_0)}, \text{ то } \frac{mA^2\omega^2}{2} = \frac{(m-m_0)A_1^2\omega_1^2}{2} A = \frac{\sqrt{3}}{2} A$$

Оставшаяся масса колеблется с амплитудой A_1 , около нового положения равновесия, которое находится выше прежнего положения равновесия на Δx .

Условие равновесия в данном случае выглядит так:

$$mg = kx_0, \quad mg = kx'_0 \text{ откуда } \Delta x = x_0 - x'_0 = \frac{mg}{4k}$$

Следовательно, груз поднимется на высоту

$$h = \Delta x + 2A_1 = \frac{mg}{4k} + 2A_1 = \frac{mg}{4k} + \sqrt{3}A$$

Задача 7

Уравнение колебаний материальной точки массой $m=1\text{кг}$ имеет вид

$$x = 0,1\sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right)\text{см.}$$

Найти максимальную силу F_{max} , действующую на точку, и полную энергию E колеблющейся точки.

Решение:

Т.к. уравнение колебаний имеет вид $x = 0,1\sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right)$, то ускорение при колебательном движении $a = x'' = 5\frac{\pi^2}{25}\sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right)$. Тогда максимальная сила

действующая на точку будет при $\sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right)=1$, $F_{max} = m\frac{\pi^2}{5} = 197\text{мкН}$.

Кинетическая энергия точки равна $E_k = \frac{mv_x^2}{2} = \frac{kA^2\omega^2\cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$

Потенциальная энергия материальной точки равна $E_{\pi} = \frac{mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$

Проверяются связи «время-энергия»

Нулевым уровнем является положение равновесие,

$$\text{тогда } E = E_k + E_{\pi} = \frac{mA^2\omega^2}{2} = \frac{2mA^2\pi^2}{T^2} E = 4,93 \text{ мкДж}$$

Задача 8

Найти отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к ее потенциальной энергии для моментов времени $t = \frac{T}{12}$

Начальная фаза колебаний $\varphi = 0$.

Решение:

Т.к. по условию начальная фаза равна нулю, то уравнение для кинетической и потенциальной энергии колеблющейся точки имеют следующий вид:

$$E_k = \frac{2\pi^2 m \omega^2}{T^2} A^2 \cos^2 \frac{2\pi}{T} t; \quad E_p = \frac{2\pi^2 m \omega^2}{T^2} A^2 \sin^2 \frac{2\pi}{T} t;$$

Проверяются связи «время-энергия», «сила-движение»

Тогда отношение энергий

$$\frac{E_k}{E_p} = \frac{\cos^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}{\sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right)} = \operatorname{ctg}^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$\frac{E_k}{E_p} = \operatorname{ctg}^2 \frac{\pi}{6} = 3$$

Задача 9

Полная энергия тела совершающего гармонические колебания $E = 30$ мкДж; Максимальная сила действующая на тело, $F_{max} = 1,5$ мН. Написать уравнение движения этого тела, если период колебаний $T = 2$ с и начальная фаза $\varphi = \frac{\pi}{3}$

Решение:

Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания

$$E_k = \frac{2\pi^2 m}{T^2} A^2$$

А максимальная сила, действующая на тело,

$$F_{max} = \frac{4\pi^2 m}{T^2} A$$

$$\frac{E}{F_{max}} = \frac{A}{2}$$

Отсюда амплитуда колебаний

$$A = \frac{2E}{F_{max}} = 0,04 \text{ м.}$$

Проверяются связи «время-энергия», «сила-движение», «время-сила»

Подставив амплитуду, начальную фазу и период колебаний в уравнение гармонических колебаний

$$x = 0,04 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$