

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»


ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

Высшей математики, информатики и естествознания

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Л.Н. Храмова
подпись инициалы, фамилия

« 14 » 06 2022г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

код-наименование направления


ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ
УМЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА» В 10
КЛАССЕ

Руководитель

 10.06.22 доцент, канд. пед. н.
подпись, дата должность, учёная степень

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия

Студент

 10.06.22
подпись, дата

А.А. Костылева
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 10.06.22
подпись, дата

Е.Н. Яковлева
инициалы, фамилия

Лесосибирск 2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Формирование теоретических знаний и практических умений при изучении раздела «Молекулярная физика» в 10 классе» содержит 55 страниц текстового документа, 24 рисунка, 41 использованных источника и 5 таблиц.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ, АТОМ, ДИФФУЗИЯ, БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ, РАЗМЕР МОЛЕКУЛ, ОПЫТ, АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ.

Актуальность работы заключается в том, что физические знания по теме «Молекулярная физика» способствуют изучению и пониманию окружающей действительности, создают основу для реализации научно-технического прогресса в обществе, формируют общекультурные ценности у школьников.

Цель исследования – формирование теоретических знаний и практических умений при изучении темы «Молекулярная физика».

Объект исследования – изучение молекулярной физики в 10 классе.

Предмет исследования – методика формирования теоретических знаний и практических умений по теме «Молекулярная физика» в 10 классе.

Основные задачи исследования:

- провести анализ учебников по теме исследования;
- раскрыть основные понятия по теме «Молекулярная физика»;
- рассмотреть методику введения основных понятий по теме исследования;
- разработать методические рекомендации по формированию практических умений по теме «Молекулярная физика».

В результате проведения исследования по данной теме были разработаны методические рекомендации по формированию теоретических знаний и практических умений по теме «Молекулярная физика», которые будут полезны учителям-предметникам при изучении данной темы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Теоретические основы формирования теоретических знаний раздела «Молекулярная физика».....	8
1.1 Анализ учебников по теме исследования.....	8
1.2 Анализ основных понятий по теме исследования.....	11
1.3 Методика введения основных понятий по теме исследования.....	17
2 Методика формирования практических умений по разделу «Молекулярная физика».....	29
2.1 Качественные и количественные задачи по теме исследования.....	29
2.2 Лабораторные работы по теме исследования.....	32
2.3 Содержание элективного курса по разделу «Молекулярная физика».....	36
2.4 Методические рекомендации по теме исследования.....	42
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Физика в школьном образовании достаточно значима для физической науки в жизни современного общества, так как оказывает воздействие на темпы развития научно-технического прогресса. Поэтому важно сформировать у выпускника образовательного учреждения такие личностные качества, как активное познание окружающего мира, осознание ценности науки, умение обучаться и самообразовываться. Таким образом, задачей современного образования является не только получение учащимися определенных знаний по учебному предмету, но и успешная адаптация ребенка в социуме.

Физика является одним из фундаментальных предметов, которая содействует развитию логического и творческого мышления школьников, а также помогает ребенку познать окружающий мир. С помощью изучения физики объясняются многие явления в природе. Известно, что все тела и вещества в природе состоят из атомов и молекул. Изучив молекулярно-кинетическую теорию, можно объяснить целый ряд физических явлений, свойств веществ (свойства жидкостей и газов, давления, тепловое явление и прочее) с точки зрения внутренней структуры вещества.

С помощью молекулярно-кинетической теории можно выяснить внутренние характеристики макроскопических тел и тепловые явления, происходящие в них, на базе того, что все на свете тела состоят из некоторых хаотически передвигающихся частиц. Важным моментом считается взаимосвязь между закономерностями поведения молекул и величинами, характеризующие свойства макроскопических тел. Основные понятия молекулярной физики «тепловое движение частиц», «масса и размеры молекул», «идеальный газ», ее фундаментальные положения применяются во многих разделах физики.

Еще древние ученые и философы имели представление, что теплота – это движение частиц, с помощью которого создаются тела. В. П. Орехов и А. В. Усова отмечают: «Большой вклад в развитие молекулярно-кинетической

теории был изготовлен русским ученым М. В. Ломоносовым. Он изучал теплоту как вращательное движение частиц вещества. При помощи собственной теории Ломоносов дал полностью верное разъяснение явлений плавления, испарения и теплопроводности. Им был сделан вывод о существовании «большой либо последней степени холода, когда движение частичек вещества прекращается» [27, с. 181]. Также огромный вклад в развитие атомной теории внесли такие известные ученые, как Дмитрий Менделеев, Джон Дальтон, Амедео Авогадро.

В настоящее время современная физика не устанавливает пределы структурной делимости материи, но, совершенно точно заявляет, что элементами, которые определяют главные физические характеристики тел, являются атомы, молекулы и ионы. Поэтому изучение макроскопических тел и углубление в молекулярно-кинетическую теорию актуально для научных исследований современных ученых по сей день.

Несмотря на важность изучаемых физических знаний в разделе молекулярной физики, можно заметить, что школьники имеют, как правило, низкий интерес к изучению данной дисциплины. Молекулярная физика, также как и другие ее разделы, является наиболее трудным предметом. Её изучение требует от учащихся определенных знаний из других дисциплин, развитие логического и критического мышления.

Таким образом, актуальность изучения основных положений МКТ заключается в том, что физические знания по данной теме способствуют изучению и пониманию окружающей действительности, создают основу для реализации научно-технического прогресса в обществе, а также формируют общекультурные ценности у школьников.

Цель исследования – формирование теоретических знаний и практических умений при изучении раздела «Молекулярная физика в 10 классе».

Объект исследования – процесс изучения «Молекулярной физики» в школе.

Предмет исследования – методика формирования теоретических знаний и практических умений в разделе «Молекулярная физика» в 10 классе.

Для решения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач, а именно:

1. Проанализировать основные понятия в разделе «Молекулярная физика»;
2. Рассмотреть методику введения основных понятий в разделе «Молекулярная физика»;
3. Разработать и апробировать элективный курс в блоке изучения темы исследования;
4. Разработать методические рекомендации по формированию практических умений в разделе «Молекулярная физика».

Методологической основой исследования являются работы отечественных авторов Б. Б. Буховцева, С. В. Громова, Г. Я. Мякишева, А. В. Усова и А. В. Пёрышкина.

Методы исследования:

1. Теоретические: анализ научной, педагогической и методической литературы; обобщение, сравнение и систематизация имеющихся представлений по проблеме исследования;
2. Методы сбора эмпирических данных (анкетирование);
3. Методы обработки и интерпретации данных (методы статистической обработки данных исследования).

Этапы исследования:

1 этап (октябрь – декабрь 2021) – анализ литературы по теме исследования, определение цели, объекта, предмета, постановка задач. Подготовка экспериментального исследования;

2 этап (февраль – апрель 2022) – разработка и проведение элективного курса по теме исследования;

3 этап (апрель – май 2022) – повторная диагностика, анализ результатов исследования, подведение итогов исследования.

Экспериментальная база исследования: муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №2 города Лесосибирска». Выборка исследования представлена учителем физики школы, объем выборки – 8 человек.

По результатам исследования была опубликована статья по теме «Основные положения МКТ» на сайте infourok.ru, которая успешно прошла проверку и получила высокую оценку от эксперта «Инфоурок». Также по результатам исследования был подготовлен доклад по теме «Некоторые способы определения размеров молекул» и принял участие в научно-практической конференции ЛПИ – филиала СФУ, где занял 2 место.

Выпускная квалификационная работа по теме «Формирование теоретических знаний и практических умений при изучении темы «Молекулярная физика»» содержит 55 страниц текстового документа, 24 рисунка, 41 использованных источника и 5 таблиц.

1 Теоретические основы формирования теоретических знаний раздела «Молекулярная физика»

1.1 Анализ учебников по теме исследования

В настоящее время существует большое многообразие учебников по физике для основного общего образования, утвержденных Министерством просвещения РФ. Приведем анализ раскрытия темы «Молекулярная физика» в учебнике по физике (С. В. Громова) и в учебнике по физике (Б. Б. Буховцева, Г. Я. Мякишева) 10-11 классы. Сравнительный анализ представлен ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ раскрытия темы «Молекулярная физика» в учебнике (С. В. Громова) и в учебнике (Б. Б. Буховцева, Г. Я. Мякишева) в 10-11 классах

Учебник по физике (авт.Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев)	Учебник по физике (автор С. В. Громов)
10 класс	11 класс
<p>Тема изучается в главе I «Основы молекулярно-кинетической теории».</p> <p>1. Сперва данной теме рассматриваются основные положения молекулярно-кинетической теории (§ 1). В данном параграфе выделены три основных положения МКТ, после чего выясняется вопрос о размере молекул и числе молекул в теле.</p> <p>2. При обсуждении следующего параграфа выясняют, каков порядок имеют массы молекул, рассматривают способы определения массы молекул (§ 2). Автор предлагает рассмотреть такие элементы знаний в данной теме, как: «масса одной молекулы, относительная молекулярная масса, количество вещества, постоянная Авогадро, молярная масса, а также масса любого количества вещества» [27].</p> <p>3. В § 3 объясняется, в чем заключается броуновское движение (наблюдение, объяснение) и явление диффузии.</p> <p>4. Далее рассматриваются силы взаимодействия молекул (§ 4), где обсуждается вопрос о строении молекул,</p>	<p>Автор С. В. Громов рассматривает данную тему в учебнике по физике 11 класса.</p> <p>Тема изучается в III главе «Основные положения молекулярно-кинетической теории». Автор посвящает каждому положению МКТ отдельный параграф.</p> <p>1. «Первое положение МКТ – все тела состоят из огромного количества частиц, между которыми есть промежутки» [8] (§ 20). В данном параграфе рассматривается:</p> <ul style="list-style-type: none"> - различие между атомом и молекулой; - количество вещества; - число частиц, масса одного моля вещества; - относительная молекулярная масса; - молярная масса; - постоянная Авогадро; - диаметр молекулы. <p>2. 2-е положение МКТ – частицы вещества постоянно и хаотично движутся (§ 21):</p>

Продолжение таблицы 1

<p>о том, как зависят силы от расстояния между молекулами.</p> <p>5. Автор учебника включает в главу строение различных тел (газообразные, жидкие и твердые) (§ 5).</p> <p>6. Вводится определение идеального газа (§ 6), а затем вводятся основные уравнения МКТ газов (§ 7).</p> <p>После каждого параграфа даются вопросы и задания для закрепления изученного материала.</p> <p>В конце главы представлены примеры решения задач, упражнения и краткие итоги главы.</p>	<p>- наминается явление диффузии;</p> <p>- рассматривается броуновское движение (открытие, опыты, объяснение разными учеными, свойства, количественная теория Альберта Эйнштейна).</p> <p>3. В 3-ем положении МКТ – взаимодействуют частицы вещества между собой (§ 22). В данном параграфе рассматриваются силы взаимодействия молекул в различных агрегатных состояниях, в которых их электрическая природа возникает вследствие взаимодействия заряженных частиц.</p> <p>После каждого параграфа предложены вопросы для закрепления и повторения темы, а также в конце главы представлены итоги и обобщения.</p>
---	---

Таким образом, в изучении темы «Молекулярная физика» по учебнику физики (С. В. Громов) и по учебнику физики (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев) существуют общие подходы:

1. Изучение темы происходит через основные положения молекулярно-кинетической теории и их опытное обоснование;
2. Вводятся такие основные понятия, как «количество вещества, постоянная Авогадро, молярная масса, число частиц, масса одного моля вещества, масса одной частицы данного вещества, относительная молекулярная масса, идеальный газ» [27].
3. После изучения каждого параграфа и главы даются вопросы для закрепления изученного материала;
4. В обоих учебниках диффузии и броуновскому движению отводится отдельный параграф;
5. В обоих учебниках рассматриваются силы взаимодействия молекул.

Отличие в изучении темы «Молекулярная физика» заключается в следующем:

1. Примеры решения задач рассматриваются только в учебнике физики (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев);

2. Не рассматривается основное уравнение МКТ в учебнике С. В. Громова, в отличие от учебника Г. Я. Мякишева, где данное уравнение рассматривается;

3. В учебнике физики (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев) основные положения молекулярно-кинетической теории рассматриваются сразу вместе, после чего рассматриваются размеры молекул, количество вещества, молярная масса, число частиц, масса одной частицы данного вещества, относительная молекулярная масса. В учебнике физики (С. В. Громов) основные положения МКТ разделены на параграфы, в которых также вводятся основные понятия, рассматриваются явление диффузии и броуновское движение и т.д.;

4. В учебнике физики (С. В. Громов) после изучения каждого параграфа представлены только вопросы, а в учебнике физики (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев) кроме вопросов, представлены практические задания и упражнения;

5. В учебнике физики (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев) отдельный параграф посвящен строению газообразных, жидких, твердых и аморфных тел.

Важно учитывать то, как конкретно формулируется первое положение молекулярно-кинетической теории, во всех учебниках по физике 8 класса и в некоторых учебниках 10 класса данное положение формулируется следующим образом: «Все тела состоят из огромного количества молекул»[28]. Учащимся необходимо пояснить, что под молекулой понимают любую частицу маленькой массы. На наш взгляд при изложении первого положения молекулярно-кинетической теории в 10 классе, правомерно сказать, что все тела состоят не из молекул, а из частиц, под которыми мы понимаем либо молекулы, либо атомы, либо ионы. Существуют такие газы, которые находятся в молекулярном состоянии (O_2, N_2, Cl_2, H_2), но их можно перевести в атомарное состояние с помощью высоких температур. Также существуют инертные газы, которые находятся в атомарном состоянии, то есть они не вступают в связь себе

подобными и другими веществами. Это такие газы, как: гелий (*He*), неон (*Ne*), аргон (*Ar*), криптон (*Kr*), ксенон (*Xe*) и радон (*Ra*), их нельзя перевести в молекулярное состояние.

Таким образом, при изучении темы «Молекулярная физика» необходимо обратить внимание на формирование теоретических знаний (положение о том, что все тела состоят из частиц, что молекулы взаимно действуют и пребывают в постоянном хаотичном движении; понятия: броуновское движение, тепловое движение частиц; чему равны масса и размеры молекул, их порядок) и практических умений (пользоваться положениями МКТ для разъяснения явления диффузии в газах и жидкостях, различия между агрегатными состояниями вещества; решать задачи на расчет молярной массы, количества вещества) по данной теме. Также выяснили, что для преподавания в школе необходимо использовать не один учебник, а руководствоваться несколькими. Так как в различных учебниках представлены разные подходы к изучению темы, то учебники других авторов можно использовать как дополнительный материал для подробного и доступного изложения.

1.2 Анализ основных понятий по теме исследования

Начиная с XVIII века, равномерно стала складываться система научных представлений о строении вещества, которая получила название молекулярно-кинетическая теория (МКТ), объясняющая тепловые характеристики макроскопических тел на базе представления об их атомно-молекулярном строении. На современном этапе развития науки при изучении темы «Молекулярная физика» в школах учащиеся изучают основные понятия, положения и формулы, представленные ниже.

Молекулярно-кинетическая теория основывается на трёх положениях, которые обобщают показатели значительного числа экспериментальных данных:

1. «Все тела состоят из огромного количества частиц (молекул, атомов или ионов), между которыми есть промежутки» [7, с. 84];

2. «Частицы вещества непрерывно и хаотически (беспорядочно) движутся» [7, с. 88];

3. «Частицы вещества взаимодействуют друг с другом: притягиваются на небольших расстояниях и отталкиваются, когда эти расстояния уменьшаются» [7, с. 90].

Из первого положения МКТ понимаем, что все тела состоят из большого количества частиц, а также выясняем, что между ними существуют промежутки.

Так как атом представляет собой самую наимельчайшую частичку, ее еще можно назвать неделимой частицей и поэтому атом – электрически нейтральная наночастица, складывающаяся из положительно заряженного ядра и электрической оболочки.

Согласно автору Сергею Васильевичу Громову: «При сближении атомы могут объединяться в устойчивые группы. Системы из маленького, по соотношению с полным числом атомов, составляющих тело, числа связанных вместе атомов называются молекулами. Молекулы являются наименьшими частичками вещества, которые обладают его главными химическими качествами» [7, с. 85].

Когда тела состоят из похожего числа частиц, это означает, что эти тела содержат в составе одинаковое количество вещества. Единицей измерения количества вещества принято считать моль. Общепринятое обозначение – греческая буква ν (ню). За 1 моль принимают количества вещества в 12 грамм углерода.

Так как в 12 г углерода содержится около $6 \cdot 10^{23}$ атомов, тогда для числа молей в теле, состоящем из N частиц, можно написать:

$$\nu = \frac{N}{6 \cdot 10^{23}} \text{ моль.} \quad (1)$$

Обозначим следующее $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, тогда соотношение (1) можно записать следующей формулой:

$$\nu = \frac{N}{N_A}. \quad (2)$$

Число N_A называют постоянной Авогадро. Так как эта постоянная численно равна количеству атомов в 12 г углерода, то она может быть представлена в виде:

$$N_A = \frac{12 \text{ г}}{m_{\text{OC}}} \text{ моль}^{-1} = \frac{12}{m_{\text{OC}}} \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \quad (3)$$

где масса атома углерода обозначена через m_{OC} . Значение N_A указывает количество частиц, находящееся в 1 моле любого вещества – в этом и состоит физический смысл.

Обозначим за букву M – молярную массу, которой называется масса одного моля вещества. Если тело имеет массу m , то количество вещества запишется следующей формулой:

$$\nu = \frac{m}{M}. \quad (4)$$

Число частиц в любом теле определяется с помощью формул (2) и (4), получим:

$$N = \frac{m}{M} N_A. \quad (5)$$

Такое число всегда очень велико в любом макроскопическом теле.

Чтобы получить массу одной частицы вещества, необходимо массу одного моля вещества (M) разделить на число частиц в одном моле (N_A):

$$m_0 = \frac{M}{N_A}. \quad (6)$$

Для того, чтобы найти молярную массу вещества, которая необходима для формул (5) и (6), нужно:

$$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}. \quad (7)$$

Обозначим за M_r относительную молекулярную массу вещества, т.е. отношение массы m_0 молекулы данного вещества к $1/12$ массы атома углерода:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{\text{OC}}}. \quad (8)$$

Когда решают задачи значение этой величины берут в таблице Менделеева, в ней указаны относительные атомные массы элементов, которые необходимо сложить в соответствии с химической формулой молекулы данного вещества.

К примеру, для воды (H_2O) $M_r = 1 \cdot 2 + 16 = 18$, а для углерода (C) $M_r = 12$.

Чтобы убедиться в справедливости соотношения (7), достаточно в формулу (8) подставить выражение (6), а затем (3).

Молекулы и атомы не имеют точных границ, но можно приблизительно оценить размеры молекул твердых и жидких тел по формуле:

$$d_0 \approx \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{\frac{V}{N}} = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho N}} = \sqrt[3]{\frac{m_0}{\rho}} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}, \quad (9)$$

где $V_0 = \frac{V}{N}$ – объем, приходящийся на 1 молекулу, $V = \frac{m}{\rho}$ – объем всего тела, m и ρ – его масса и плотность, N – число молекул в нем.

Из второго положения МКТ, выясняем, что частицы вещества непрерывно и хаотично (беспорядочно) движутся. Это действительно так, данное положение доказывает существование таких явлений, как диффузия и броуновское движение.

«Диффузия – это самопроизвольное перемешивание соприкасающихся веществ. В соответствии с молекулярно-кинетической теорией, подобное перемешивание происходит из-за того, что хаотично движущиеся молекулы одного вещества попадают в промежутки между молекулами другого вещества. Например, распространение духов по комнате прямое доказательство диффузии в газах» [7, с. 88].

Ряд авторов считают, что «броуновским движением называют беспорядочное движение взвешенных в жидкости или газе мелких частичек другого вещества» [17, 28, 32, 39]. Такое движение открыл Р. Броун (английский ботаник) в 1827 году, наблюдая взвесь цветочной пыльцы в воде в микроскоп. На миг Роберт Броун задумался «А не живые ли эти частицы?». Многие учёные пытались найти ответ на вопрос «Почему мелкие частички, взвешенные в жидкости, двигаются хаотично, беспорядочно и непрерывно?»

Так немецкий математик Л. К. Винер предположил, что «броуновское движение обусловлено колебательными движениями неких невидимых атомов, также он предположил зависимость скорости движения частиц от их размера» [16, с. 112]. Уильям Рамзай доказал, что «причиной броуновского движения мелких частиц являются удары на них еще более мелких частиц, которые в обычный микроскоп уже не видны, подобно тому, как не видны с берега волны, качающие далекую лодку, хотя движение самой лодки видно вполне ясно» [18, с. 67].

С. В. Громов подчеркивает: «В результате изучения броуновского движения ученые сделали вывод, что его интенсивность: а) увеличивается с ростом температуры среды; б) увеличивается при уменьшении размеров самих броуновских частиц; в) уменьшается в более вязкой жидкости; г) совершенно не зависит от материала (плотности) броуновских частиц. А также, были получены сведения, что это движение универсально (так как наблюдалось

уверенно у всех веществ, взвешенных в распыленном состоянии в жидкости), непрерывно (например, в закрытой со всех сторон кювете его можно наблюдать неделями, месяцами, годами) и хаотично (беспорядочно)» [7, с. 88].

Также автор С. В. Громов выделил, что «Причины броуновского движения – непрерывное беспорядочное движение молекул среды и отсутствие точной компенсации ударов, испытываемых броуновской частицей со стороны окружающих ее молекул (рисунок 1)» [7, с. 89].

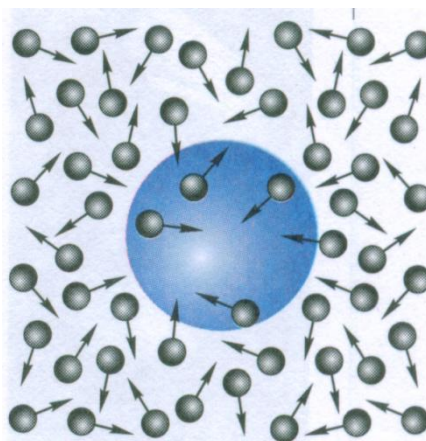


Рисунок 1 – Движение броуновской частицы

В своём учебнике С. В. Громов писал: «Согласно третьему положению МКТ, частицы вещества взаимодействуют друг с другом: притягиваются на небольших расстояниях и отталкиваются, когда эти расстояния уменьшаются. О справедливости этого положения свидетельствует сопротивляемость всех тел сжатию, а также (за исключением газов) – их растяжению. Силы взаимодействия молекул имеют электрическую природу и возникают в результате взаимодействия заряженных частиц (электронов и атомных ядер), входящих в состав атомов и молекул тел» [7, с. 90].

Таким образом, при изучении темы «Молекулярная физика» у учащихся должны быть сформированы следующие базовые понятия: атом, молекула, количество вещества, относительная молекулярная масса и молярная масса. Кроме этого изучены такие явления, как диффузия, броуновское движение и их опытное обоснование. Учащиеся должны понимать, что строение вещества

намолекулярном уровне подтверждается конкретным наблюдением молекул в электронных микроскопах, а растворение твердых веществ в жидкостях – проницаемостью и сжимаемостью вещества, тепловое движение – броуновским движением и диффузией, а с помощью прочности, упругости твердых тел, поверхностного натяжения жидкостей доказывают наличие межмолекулярного взаимодействия.

1.3 Методика введения основных понятий по теме исследования

При изучении темы «Молекулярная физика» учащиеся должны знать положение о том, что все тела состоят из частиц, как частный случай, из молекул, что молекулы взаимно действуют (то есть притягиваются и отталкиваются) и находятся в непрерывном беспорядочном движении. Также учащиеся должны знать порядок массы и числа молекул и понятия: тепловое движение частиц, идеальный газ, броуновское движение, температура (мера средней кинетической энергии молекул в 10 классе, степень нагретости в 8 классе).

Рассмотрим методику введения вышесказанных основных понятий и положений раздела «Молекулярная физика» в школьном курсе физики.

Как выделяет автор С. Е. Каменецкий: «В учебнике по физике (Б. Б. Буховцев, Г. Я. Мякишев) представлен индуктивный метод изучения темы исследования, то есть вначале на качественном уровне рассматривают основные положения молекулярно-кинетической теории, затем некоторые вопросы термодинамики, газовые законы вводят эмпирически и объясняют с точки зрения молекулярных представлений и на основе термодинамического подхода. Методическая идея в этом случае заключается в совместном изучении тепловых явлений и молекулярной физики, в опытном изучении свойств веществ и их объяснении на основе теории» [13, с. 95].

При изучении материала этой темы необходимо использовать знания учащихся, полученные на уроках природоведения, а также самонаблюдения

школьников в быту, то есть в обыденной жизни (как изменяется объем тел при изменении температуры или при внешних механических воздействиях, как делится вещество или деформируется, как запахи распространяются по комнате, как некоторые вещества растворяются и как происходит испарение жидкостей).

Усова А. В. отмечает, что «Необходимо рассказать ученикам, что развитие всей современной техники немислимо без знания о строении вещества. Ученые, изучая строение вещества, изобрели особо легкие и высокопрочные материалы, которые применили в ракетостроении. Ученики знают, например, что вода может существовать в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Перед классом ставят вопрос: Почему одно и то же вещество может находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии?» [27, с. 181].

Вот почему дополнительно можно рассказать о древнегреческих учёных, которые пришли к выводу, что на самом деле все располагающиеся вокруг нас тела состоят из мельчайших частичек (их называли атомами, то есть «неделимыми»), которые невидимы для глаза и поэтому только кажутся нам сплошными. Поэтому они смогли объяснить такие явления, как испарение, распространение запаха некоторых веществ и другие. А также, что одним из современников считается выдающийся русский учёный М. В. Ломоносов, в 18 веке он внёс большой вклад в развитие учения о строении вещества. Авторы [20, 29, 35] считают, что: «Указав на ряд опытных данных, М. В. Ломоносов сделал смелый и правильный вывод о том, что физические тела разделяются на мельчайшие части, в отдельности, ускользающие от чувства зрения, так что тела состоят из нечувствительных физических частиц».

Для учащихся можно провести некоторые опыты: окрашивание воды одним кристалликом марганцовки и распыление духов или одеколона по классу. «Помимо этого, можно продемонстрировать опыты по деформации и изменению объема тел при их нагревании и охлаждении. Данные

опыты помогут подвести учащихся к первоначальным представлениям о том, что все вещества состоят из частиц (молекул, атомов, ионов)» [27].

Необходимо рассмотреть вопрос: «Почему не видим частички, если все тела состоят из отдельных частиц (молекул и атомов)? Почему все тела представляются нам сплошными?» Причина проста – размеры молекул чрезвычайно малы. Для характеристики размеров молекул авторы [18, 27, 31, 38] приводят ряд образных сопоставлений: «Если уложить в ряд сто миллионов молекул воды, то получится цепочка длиной всего около 2 см; Молекула водорода во столько раз меньше яблока, во сколько раз яблоко меньше земного шара».

Далее необходимо рассмотреть вопрос: «Как молекулы расположены в телах?» В связи с этим показывают опыт со смешиванием воды и спирта, показанный на рисунке 2.

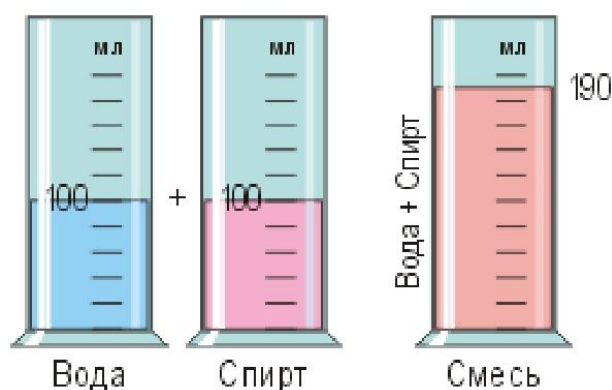


Рисунок 2 – Опыт со смешиванием воды и спирта

«Смесь воды и спирта занимает меньший объём, чем сумма объёмов воды и спирта, взятых в отдельности» [18]. Значит между молекулами воды и спирта существуют промежутки.

Также можно рассмотреть данный опыт с сыпучими твердыми телами, к примеру, взять мелку соль и крупу. Аналогично с жидкостями, соль проникнет в промежутки между крупинками пшена, и смесь соли и пшена будет также занимать меньший объём, чем сумма объёмов их по отдельности. Также с

помощью опыта с шаром Гравезанда можно убедиться, что между молекулами существует расстояние. На рисунке 3,а можно заметить, как шар проходит через кольцо свободно, если же нагреть шар, то он уже застрянет в кольце (рисунок 3, б). Это объясняется тем, что при нагревании расстояние между молекулами возрастает, в результате чего увеличивается размер шара, поэтому шар не проходит через кольцо.

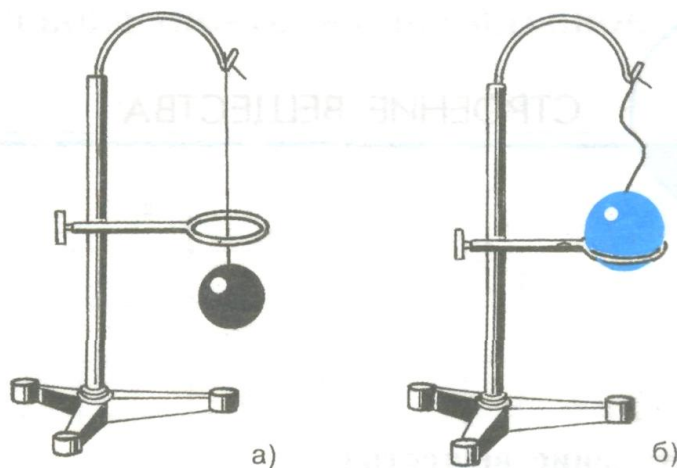


Рисунок 3 – Опыт с шаром Гравезанда

Наличие промежутков между молекулами твёрдых тел доказывается тем, что под высоким давлением масло просачивается сквозь толстый стальной сосуд, в который оно заключено, и мелкими капельками выступает на наружной поверхности этого сосуда без его разрушений. Большая сжимаемость газов объясняет наличие промежутков между молекулами, вследствие того, что молекулы газа размещаются на расстояниях, значительно превосходящих их собственные размеры.

«К представлению о движении молекул учащихся подводят, рассматривая хорошо известные из жизни факты: распространение запаха пахучих веществ или свойство газа занимать весь предоставленный ему объем» [27]. Вводится второе положение МКТ, что частицы вещества непрерывно и хаотически (беспорядочно) движутся. Экспериментальным обоснованием движения молекул служит диффузия – взаимное проникновение молекул

соприкасающихся веществ. В соответствии с молекулярно-кинетической теорией, подобное перемешивание происходит из-за того, что хаотично движущиеся молекулы одного вещества проникают в промежутки между молекулами другого вещества.

Диффузия в жидкостях проходит медленнее, чем в газах, но быстрее чем в твердых телах. Рассмотрим опыт, описанный А. В. Пёрышкиным: «Нальём в колбу чистой воды, на дно с помощью воронки и резиновой трубки осторожно будем вливать раствор медного купороса, который имеет тёмно-голубой цвет. Сначала между водой и медным купоросом будет ярко выраженная граница, которая через несколько дней станет слегка размытой. Граница, отделяющая одну жидкость от другой, полностью исчезнет через 2-3 недели. Постепенно молекулы медного купороса и воды, двигаясь непрерывно и беспорядочно, распространяются по всему объёму. В сосуде образуется однородная жидкость бледно-голубого цвета. Это значит, что жидкости перемешались (рисунок 4)» [28, с. 87].

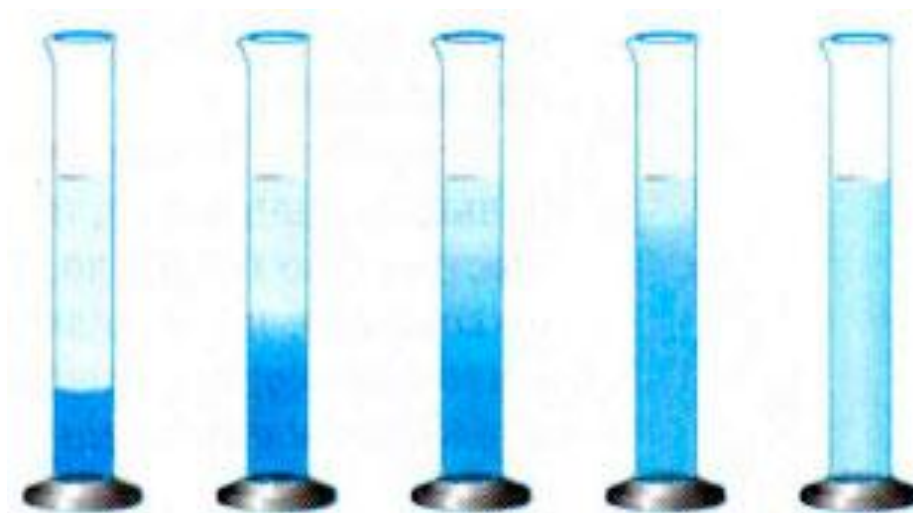


Рисунок 4 – Опыт с раствором медного купороса

После проведения опыта школьникам можно рассказать о значении диффузии в природе и технике, представленном на рисунке 5.

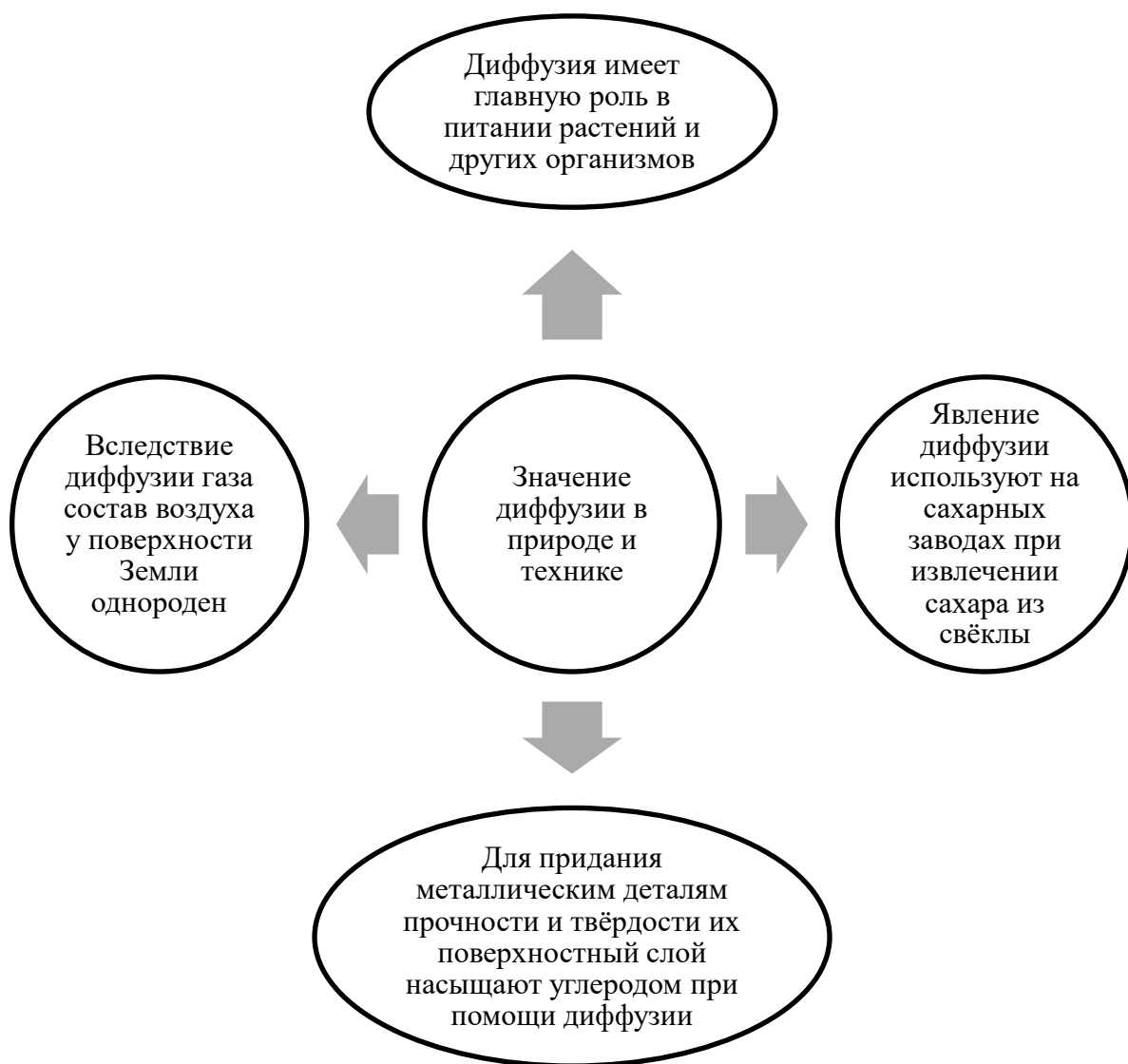


Рисунок 5 – Значение диффузии в природе и технике

Не обойтись без рассказа учащимся, что молекулы движутся с разными скоростями, к примеру, средняя скорость молекул водорода при комнатной температуре около 2000 м/с, а скорость более тяжелых молекул, к примеру, кислорода – меньше в 4 раза. Но почему тогда процесс диффузии протекает так медленно, если молекулы газа имеют большую скорость. Это объясняется соударением молекул друг с другом, из-за чего продвижение молекул происходит на незначительные расстояния в определенном направлении.

Учащимся можно рассказать некоторые факты открытия броуновского движения для большего интереса при изучении темы. Согласно С. В. Громову:

«Броуновским движением называют беспорядочное движение взвешенных в жидкости или газе мелких частичек другого вещества. Так, английский ботаник Р. Броун в 1827 году, наблюдая под микроскопом пыльцу растений, помещенную в воду, заметил ее непрерывное хаотическое движение (рисунок 6). Решив, что пыльца движется потому, что она «живая», он попробовал наблюдать за частицами из высушенного растертого листа, но частицы двигались по-прежнему» [7, с. 88].

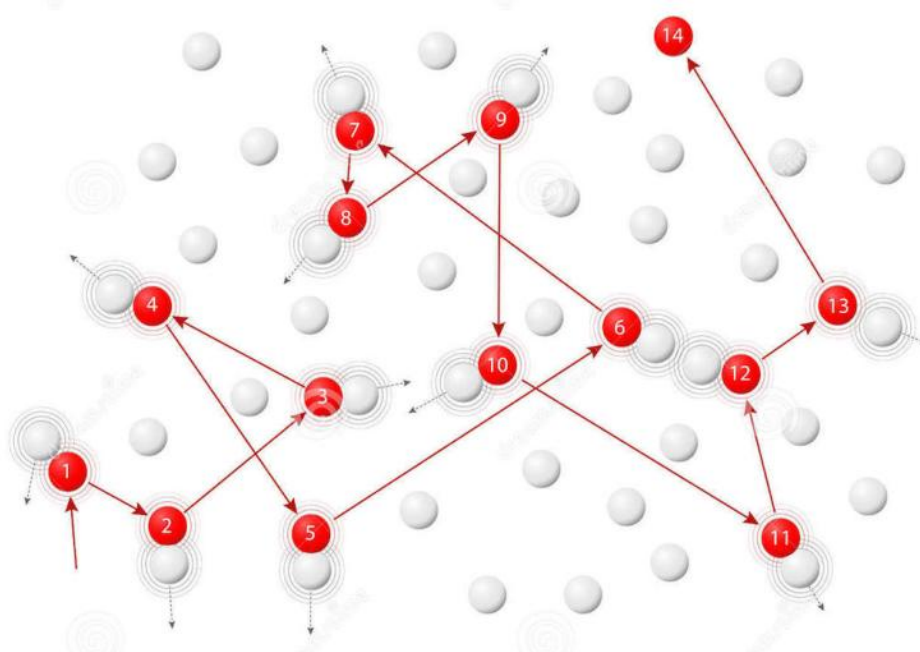


Рисунок 6 – Траектория движения броуновской частицы

При введении определения температуры важно учитывать, что в 8 классе учащиеся изучили определение следующим образом: «температура – физическая величина, характеризующая степень нагретости тел»[28]. Но в 10 классе следует ввести другое определение «температура – как мерасредней кинетической энергии молекул» [24].

После изучения явления диффузии В. П. Орехов предлагает, что «необходимо дать всему классу задание на дом: пронаблюдать за диффузией кристалликами марганцовки в воде при разной температуре окружающей среды. Опыт можно поставить следующим образом– два стакана наполняют

водой. Один из них ставят в комнате на полку или в шкаф, а другой – в холодильник или какое-нибудь другое прохладное место. Через час на дно стаканов осторожно опускают по маленькому кристаллику марганцовокислого калия. Записывают дату начала опыта. Затем ежедневно утром и вечером отмечают, на сколько миллиметров увеличился слой окрашенной воды в обоих стаканах» [27, с. 186].

Также А. В. Усова предлагает: «На уроке надо заслушать отчеты учащихся о проведенных наблюдениях. Анализируя опыты с диффузией, учащиеся подводят к выводу о существовании связи между температурой тел и скоростью движения молекул и атомов, из которых они состоят. Чем выше температура тела, тем быстрее происходит диффузия. Аналогичные опыты, например, с растворением подкрашенных чернилами кусочков сахара в стаканах горячей и холодной воды можно показать в классе. В заключение следует решить несколько задач-вопросов: Почему огурцы быстрее просаливаются в горячем рассоле, чем в холодном? Почему в горячей воде соль и сахар растворяются скорее, чем в холодной?» [27, с. 187].

Взаимосвязь молекул вправе изучать, рассмотрев вопрос: «Если все тела имеют «зернистую» структуру и состоят из отдельных атомов и молекул, разделенных промежутками, и находящихся в непрерывном движении, то почему они не рассыпаются на части сами по себе?» [27, с. 188].

Для ответа на этот вопрос необходимо провести опыт со свинцовыми цилиндрами. Если взять два цилиндра и вплотную прижать их друг к другу только что зачищенными поверхностями, то эти два цилиндра сцепятся вместе так, что их не получается разъединить даже при большой нагрузке, как показано на рисунке 7.

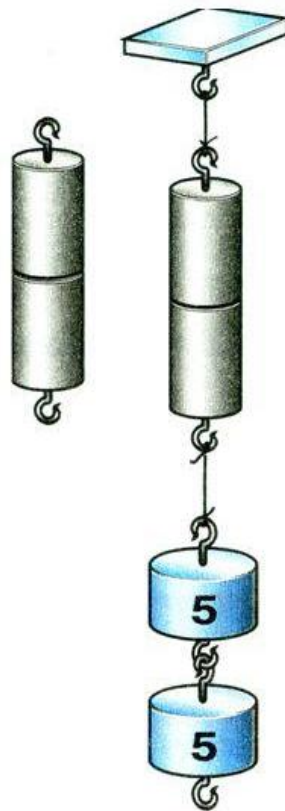


Рисунок 7 – Опыт со свинцовыми цилиндрами

Также рассмотрим следующий опыт на рисунке 8 – «к пружине крепят на нити стеклянную пластинку так, чтобы её нижняя поверхность была расположена горизонтально, и опускают в воду так, чтобы она легла на поверхность воды» [28, с. 125]. Далее медленно поднимают пластинку вверх и замечают, что пружинка растягивается все сильнее. Пёрышкин А. В. отмечает, что «по величине растяжения пружины можно судить о силах притяжения между молекулами, удерживающих пластинку на поверхности воды. Как только стеклянная пластинка отрывается от воды, замечаем, что она оказывается смоченная водою. Значит, разрыв происходит не в местах соприкосновения молекул воды и стекла, а там, где молекулы воды соприкасаются друг с другом. Это доказывает существование притяжения между молекулами воды» [28, с. 126].

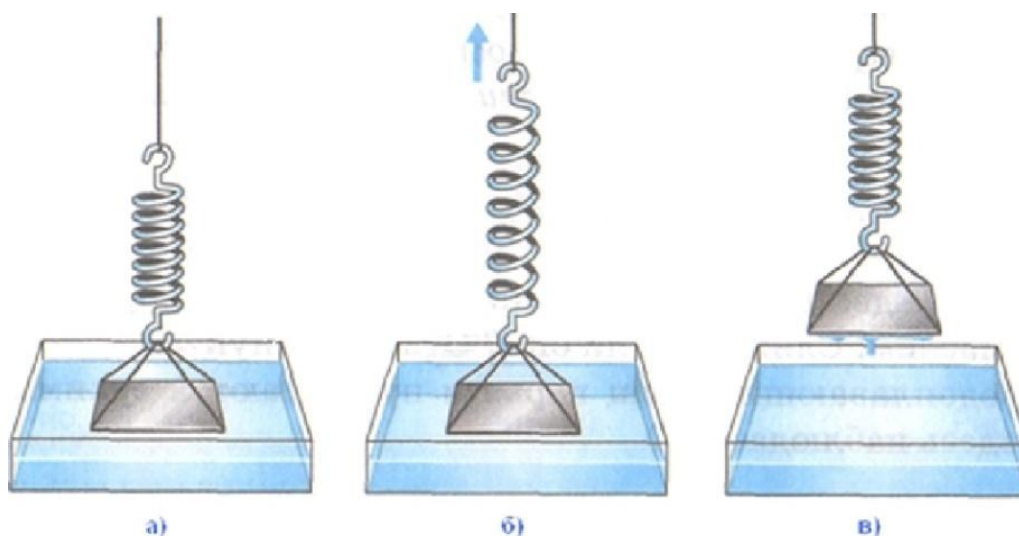


Рисунок 8 – Опыт со стеклянной пластинкой

Ссылаясь на проведённые опыты, С. Е. Каменецкий пришел к выводу, что «в жидкостях и твердых телах между молекулами существует взаимное притяжение, нужно пояснить учащимся, что притяжение между молекулами проявляется только на очень малых расстояниях (порядка 10^{-8} см). Также склеивание различных деталей, окрашивание предметов, явление смачивания, спайка и сварка металлов объясняются взаимным притяжением молекул» [13, с. 93].

Необходимо посвятить урок, изучению темы «Различие между агрегатными состояниями вещества с точки зрения молекулярно-кинетических представлений» [27], А. К. Кикоин утверждает, что «многие физические свойства веществ зависят от их внутреннего строения. При рассмотрении этого вопроса необходимо обратить внимание учащихся на различие в строении и характере движения молекул в разных состояниях вещества» [17, с. 159].

Взаимодействие между молекулами газа при обычных условиях очень мало, так как в газах молекулы расположены на довольно больших промежутках друг от друга. «Молекулы газа, сталкиваясь при своем движении, перемещаются по траекториям во всем объеме, предоставленном газу. Вследствие этого движение молекул беспорядочное и хаотичное» [27]. Также учащимся необходимо законспектировать следующую таблицу 2.

Таблица 2– Свойства агрегатных состояний

Агрегатное состояние / Свойства	Газы	Жидкости	Твердые тела	Аморфные тела
Расстояние между частицами	Расстояние между частицами намного больше размеров самих частиц	Расстояния между частицами немного больше их размеров (почти вплотную друг к другу)	Расстояние между частицами почти равно размерам самих частиц	Расстояния между частицами немного больше их размеров (почти вплотную друг к другу)
Характер движения	Хаотическое движение с многочисленными столкновениями	В основном колеблются около положения равновесия	Колеблются около положения равновесия	В основном колеблются около положения равновесия
Сила взаимодействия	Частицы связаны или весьма слабо связаны силами взаимодействия	Взаимодействуют в основном с соседними молекулами	Взаимодействуют с соседними молекулами	Взаимодействуют с соседними молекулами
Упорядоченность	Наименьший порядок в расположении	Ближний порядок	Дальний порядок	Ближний порядок
Сохранение объема и формы	Не сохраняют ни формы, ни объема, а также легко сжимаются	Сохраняют объем, форму не сохраняют	Сохраняют форму и объем, имеют определенную точку плавления и кристаллизации	Текущие
Энергия взаимодействия	$ E_k \gg E_n $	$ E_k \leq E_n $	$ E_k \ll E_n $	Кинетическая энергия лишь незначительно меньше по модулю потенциальной энергии
Время «оседлой жизни»	«оседлая жизнь» отсутствует	10^{-11} с	10^{-8} с	10^{-9} с

Поясним свойства упорядоченности. Наименьший порядок в расположении молекул газа говорит о том, что молекулы неупорядочены, так как движутся непрерывно и хаотично. Твердым телам присущ дальний порядок в расположении молекул это говорит о том, что атомы установлены

строго упорядоченно, создавая трехмерные системы, которые можно произвести многократным дублированием элементарной ячейки. А вот ближний порядок говорит о том, что число близкорасположенных атомов едва ли не одинаково, но чем дальше расположены атомы от какой-либо выделенной позиции, тем их расположение становится все более и более хаотичным.

Полученные знания закрепляют решением качественных задач и вопросами, к примеру: «Чем можно объяснить, что газы сжимаются больше, чем жидкости; можно ли сказать, что объём газа в сосуде равен сумме объёмов отдельных молекул газа? Почему нельзя утверждать, что объём жидкости в сосуде равен сумме объёмов отдельных молекул этой жидкости? Каковы особенности движения молекул нафталина в твердом, жидком и газообразном состоянии?» [27, с. 189].

Таким образом, при изучении данной темы следует обратить внимание на формирование таких знаний, как чему равна масса и размеры молекул, и таких основных понятий, как тепловое движение частиц, идеальный газ, броуновское движение, температура, кристаллические и аморфные тела. Кроме этого, школьники должны уметь пользоваться основными положениями молекулярно-кинетической теории для объяснения различных явлений (диффузии в жидкостях и газах), помимо этого еще и для объяснения различия между агрегатными состояниями вещества, а также учащиеся должны знать, что многие физические свойства веществ (агрегатное состояние, плотность, растворимость в воде, температура плавления или кипения, теплопроводность, электропроводность и др) зависят от их внутреннего строения.

2 Методика формирования практических умений по разделу «Молекулярная физика»

2.1 Качественные и количественные задачи по теме исследования

После изучения темы «Молекулярная физика» у учащихся должна быть возможность применить основные положения молекулярно-кинетической теории для решения качественных задач, а также решать задачи на расчет количества вещества и молярной массы с помощью основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов. Поэтому предлагаем решить следующие качественные и количественные задачи по теме исследования, где учащимся необходимо выбрать один правильный ответ.

Расстояния между молекулами сравнимы с размерами молекул (при нормальных условиях) для:

- 1) жидкостей, аморфных и кристаллических тел;
- 2) газов;
- 3) газов и жидкостей;
- 4) Газов, жидкостей и кристаллических тел.

2. В газах при нормальных условиях среднее расстояние между молекулами:

- 1) примерно равно диаметру молекулы;
- 2) меньше диаметра молекулы;
- 3) примерно в 10 раз больше диаметра молекулы;
- 4) зависит от температуры газа.

3. Наименьшая упорядоченность в расположении частиц характерна для:

- 1) газов;
- 2) жидкостей;
- 3) кристаллических тел;
- 4) аморфных тел.

4. Расстояние между соседними частицами вещества в среднем во много раз превышает размеры самих частиц. Это утверждение соответствует:

- 1) только модели строения газов;
 - 2) только модели строения аморфных тел;
 - 3) моделям строения газов и жидкостей;
 - 4) моделям строения газов, жидкостей, твердых тел.
5. В процессе перехода воды из жидкого состояния в кристаллическое:

- 1) увеличивается расстояние между частицами;
- 2) молекулы начинают притягиваться друг к другу;
- 3) увеличивается упорядоченность в расположении молекул;
- 4) уменьшается расстояние между молекулами.

6. Одним из подтверждений положения молекулярно-кинетической теории строения вещества о том, что частицы вещества хаотично движутся, может служить: А – возможность испарения жидкости при любой температуре; Б – зависимость давления столба жидкости от глубины; В – выталкивание из жидкости погруженных в нее тел. Какие из утверждений правильны?

- 1) только А;
- 2) только Б;
- 3) только А и Б;
- 4) только Б и В.

7. Дым представляет собой частицы сажи, взвешенные в воздухе. Твердые частицы сажи долго не падают вниз потому, что:

- 1) частицы сажи совершают броуновское движение в воздухе;
- 2) температура частиц сажи всегда выше температуры воздуха;
- 3) воздух выталкивает их вверх согласно закону Архимеда;
- 4) Земля не притягивает столь мелкие частицы.

8. Какое из утверждений правильно?

А. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях.

Б. Диффузия наблюдается только в твердых телах.

В. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах.

- 1) А;
- 2) Б;

- 3) В;
- 4) ни А, ни Б, ни В.

9. Укажите пару веществ, скорость диффузии которых наименьшая при прочих равных условиях:

- 1) раствор медного купороса и вода;
- 2) пары эфира и воздух;
- 3) свинцовая и медная пластины;
- 4) вода и спирт.

10. Если взять два свинцовых цилиндра, с помощью специального ножа очистить торцы цилиндров, а затем плотно прижать торцовые поверхности друг к другу свежими срезами, то цилиндры сцепляются и выдерживают большую нагрузку. Сцепление цилиндров объясняется: А. существованием сил притяжения между атомами свинца. Б. существованием сил отталкивания между атомами свинца. Какое(-ие) из утверждений правильно(-ы)?

- 1) только А;
- 2) только Б;
- 3) и А, и Б;
- 4) ни А, ни Б.

11. При неизменной абсолютной температуре концентрация молекул идеального газа была увеличена в 4 раза. При этом давление газа:

- 1) увеличилось в 4 раза;
- 2) увеличилось в 2 раза;
- 3) уменьшилось в 4 раза;
- 4) не изменилось.

Решение: Так как давление газа прямо пропорционально зависит от температуры, что видно из формулы давления $p = nkT$, то при увеличении абсолютной температуры в 4 раза и неизменной концентрации молекул давление газа также увеличится в 4 раза.

12. 2 моль неона и 3 моль аргона находятся в разных сосудах при одинаковой температуре. Отношение значений внутренних энергий этих газов E_{Ne}/E_{Ar} равно:

- 1) 3/2;
- 2) 4/3;
- 3) 2/3;
- 4) 1/3.

Решение: $E_{Ne} = \frac{3}{2} \nu_{Ne} RT$ и $E_{Ar} = \frac{3}{2} \nu_{Ar} RT \rightarrow \frac{E_{Ne}}{E_{Ar}} = \frac{\nu_{Ne}}{\nu_{Ar}} = \frac{2}{3}$.

Ответы к тестовым заданиям № 1-12 приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Ответы к тестовым заданиям № 1-12

Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ	1	3	1	1	4	1	1	3	3	1	1	3

2.2 Лабораторные работы по теме исследования

Лабораторные работы имеют особое значение при изучении материала в учебном процессе преподавания физики. Так как благодаря выполнению именно лабораторных работ школьники получают практические навыки ввиду использования физических приборов, закрепляют не только пройденный материал, но и получают новые знания. Также важно отметить, что при выполнении лабораторных работ школьники приобретают знания намного глубже, нежели при наблюдении опыта или эксперимента, которые проводит учитель на занятии, так как у учащихся развиваются навыки самостоятельной работы. Кроме этого, систематическое использование лабораторных работ на уроках физики приведёт к развитию логического мышления, внимания, аккуратности и дисциплинированности учащихся.

Приведём примеры лабораторных работ при изучении темы «Молекулярная физика».

Лабораторная работа № 1

Тема: «Измерение размеров малых тел».

Цель работы: Закрепить знание о первом положении МКТ, научиться применять полученные знания для измерения размеров молекул.

Оборудование: линейка, малые тела (пшено, дробь, соль), штангенциркуль.

Вопросы допуска к лабораторной работе:

- 1) Назовите все три положения МКТ.
- 2) Каково различие между атомом и молекулой?
- 3) Какой формулой определяют число частиц в любом теле?

Ход работы:

1. Подготовьте необходимое оборудование (рисунок 9);

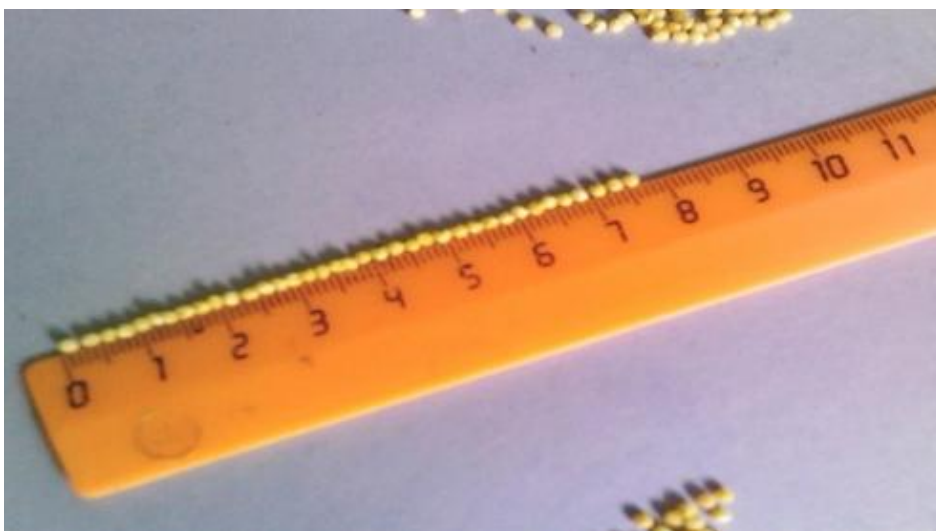


Рисунок 9 – Лабораторная работа №1 «Измерение размеров малых тел»

2. Расположите пшено вдоль линейки, чтобы крупинки прилегали плотно друг к другу (не менее десяти крупинок);
3. Определите длину, полученного ряда (l , м);
4. Посчитайте количество всех крупинок (N);
5. Вычислите диаметр крупинки по формуле $d = \frac{l}{N}$;
6. Результаты занесите в таблицу 4, изменив количество крупинок в ряду, повторите измерения и вычислите диаметр пшена не менее 2 раз.

Таблица 4 – Результаты измерений и вычислений

№ опыта	$l, \text{ м}$	N	$d = \frac{l}{N}, \text{ м}$
1			
2			
3			

7. Вычислите среднее значение пшена;

8. Рассчитайте случайную ошибку измерений по формуле:

$$\delta d = \frac{|d_{\text{cp}} - d_1| + |d_{\text{cp}} - d_2| + |d_{\text{cp}} - d_3|}{3};$$

9. Результат запишите в виде: $d = d_{\text{cp}} \pm \delta d$;

10. Определите диаметр пшена штангенциркулем и сравните с полученным результатом;

11. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы к лабораторной работе:

- 1) Что понимают под частицами в первом положении МКТ?
- 2) Какую единицу измерения имеет количество вещества?
- 3) Физический смысл постоянной Авогадро.
- 4) Как изменяется диаметр крупинки от количества этих крупинок?
- 5) Попробуйте повторить данную работу с другими крупинками (соль, рис, песок и другое).

Система оценивания выполнения лабораторной работы:

1. Верные ответы на поставленные вопросы к допуску к лабораторной работе – 6 баллов (1 верный ответ – 2 балла).
2. Лабораторная работа соответствует плану (указана тема работы, цель, ход работы и вывод) – 3 балла.
3. Верно занесены измерения всех опытов в таблицу – 5 баллов.

4. Верные ответы на поставленные вопросы в конце лабораторной работы – 10 баллов (1 верный ответ на вопрос – 2 балла).

Максимальное количество баллов – 24.

Лабораторная работа № 2

Тема: «Наблюдение явления диффузии».

Цель работы: Пронаблюдать явление диффузии в газах и жидкостях, выявить зависимость диффузии от температуры.

Оборудование: флакон с одеколоном или духами, бумага, вода холодная и горячая, марганцовка.

Вопросы допуска к лабораторной работе:

- 1) Сформулируйте второе положение МКТ.
- 2) Определение диффузии.
- 3) Что называют броуновским движением?

Учащимся необходимо выполнить следующие задания, представленные на рисунке 10.

The diagram consists of three vertically stacked rounded rectangular boxes. Each box has a smaller rounded rectangular box on its left side containing a task number. The main box on the right contains a list of instructions or questions for that task.

Задание 1	<ul style="list-style-type: none">• Откройте на короткое время флакон с одеколоном или духами. Что вы почувствовали?• Как можно объяснить распространения запаха духов с точки зрения молекулярного строения вещества?
Задание 2	<ul style="list-style-type: none">• Смочите часть листа бумаги водой и положите на увлажненное место кристаллик марганцовки.• Что вы наблюдаете? Объясните происходящее явление с точки зрения молекулярного строения вещества.• Сделайте вывод о том, где диффузия происходит быстрее – в газах или жидкостях.
Задание 3	<ul style="list-style-type: none">• Прodelайте опыт, описанный в задании 2, но на этот раз смочите бумагу горячей водой.• В каком случае диффузия происходит быстрее – при выполнении задания 2 или сейчас?• Сделайте вывод о том, как зависит скорость диффузии от температуры.

Рисунок 10 – Задания для выполнения лабораторной работы №2

Контрольные вопросы к лабораторной работе:

- 1) Какой фактор является определяющим в интенсивности броуновского движения?
- 2) Диффузия происходит только в газах и жидкостях?
- 3) Назовите учёных, которые занимались вопросом диффузии и броуновского движения.

Система оценивания выполнения лабораторной работы:

1. Верные ответы на поставленные вопросы к допуску к лабораторной работе – 6 баллов (1 верный ответ – 2 балла).
2. Лабораторная работа соответствует плану (указана тема работы, цель, ход работы и вывод) – 3 балла.
3. Верно выполнены задания – 15 баллов (Одно верно выполненное задание – 5 баллов).
4. Верные ответы на поставленные вопросы в конце лабораторной работы – 8 баллов (1 верный ответ на вопрос – 2 балла).

Максимальное количество баллов – 32.

2.3 Содержание элективного курса по разделу «Молекулярная физика»

В ходе исследования нами был разработан элективный курс, который предназначен для учащихся 10 классов, изучающих тему «Молекулярная физика». В данном элективном курсе мы использовали методику, которая положительно повлияла на результат изучения учащимися 10 классов темы «Молекулярная физика».

Первым шагом данного курса является проверка полученных знаний учащихся при изучении темы «Молекулярная физика» с помощью анкетирования. Учащимся (количество учащихся – 8) необходимо было ответить (да/нет) на утверждения, представленные на рисунке 11. Такое

анкетирование мы провели дважды, то есть в начале проведения курса и в конце.

1. Хаотическое тепловое движение частиц в твердых телах невозможно (да/нет)

2. Хаотическое тепловое движение частиц происходит и в газах, и в жидкостях, и в твердых телах (да/нет)

3. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия уменьшается при увеличении температуры газа (да/нет)

4. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличивается при увеличении температуры газа (да/нет)

5. При увеличении плотности жидкости ее давление на дно сосуда не изменяется (да/нет)

6. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия не зависит от температуры газа (да/нет)

7. Хаотическое тепловое движение частиц происходит только в газах (да/нет)

8. Хаотическое тепловое движение частиц происходит только в газах и жидкостях (да/нет)

9. Скорость диффузии жидкостей повышается с повышением температуры (да/нет)

10. Средняя скорость движения броуновской частицы в газе зависит от температуры газа, но не зависит от массы самой частицы (да/нет)

11. Процесс диффузии может наблюдаться только в газах и в жидкостях (да/нет)

12. Броуновским движением называют самопроизвольное перемешивание газов или жидкостей (да/нет)

13. Явление диффузии в жидкостях свидетельствует о том, что молекулы жидкостей движутся хаотично (да/нет)

14. Какая-либо упорядоченность в расположении частиц вещества отсутствует. Это утверждение соответствует модели строения только газа (да/нет)

15. Частицы вещества участвуют в непрерывном тепловом хаотическом движении. Это положение молекулярно-кинетической теории строения вещества относится только к газам (да/нет)

Рисунок 11 – Утверждения для анкетирования учащихся 10 классов

По результатам первого анкетирования (правильные ответы составили около 57%, неправильные ответы – 43%), мы сделали вывод, что учащиеся 10 класса усвоили недостаточно знаний по теме «Молекулярная физика», либо не усвоили вовсе (рисунок 12).



Рисунок 12 – Результат первичного анкетирования

После полученных результатов первого анкетирования, мы провели элективный курс, который состоял из 5 уроков:

- На первом и втором уроке были рассмотрены основные положения молекулярно-кинетической теории и их опытное обоснование (см. п. 1.3);
- Третий урок был посвящен решению качественных и количественных задач по теме исследования (см. п. 2.1);
- На четвертом уроке учащиеся выполнили лабораторные работы №1, №2 (см. п. 2.2);
- На пятом уроке учащиеся проходили веб-квест «Выберись из комнаты» по пройденному материалу для закрепления практических умений.

Применение веб-квестов обеспечивает рост интереса к школьным дисциплинам, а также подготовка такого урока не займет много времени и не требует специальных знаний или навыков.

Веб-квест(<https://www.Learnis.ru/711421/>) состоит из пяти заданий, спрятанных в комнате, из которой нужно выйти путём ввода необходимого

кода (рисунок 13). Код состоит из последовательности номеров, т.е. ответов представленных заданий в данном веб-квесте. Учащиеся должны найти в комнате все пять заданий, спрятанные в комнате, тем самым они должны нажимать на различные предметы, находящиеся в комнате, после чего верно ответить на все задания и ввести код для двери.

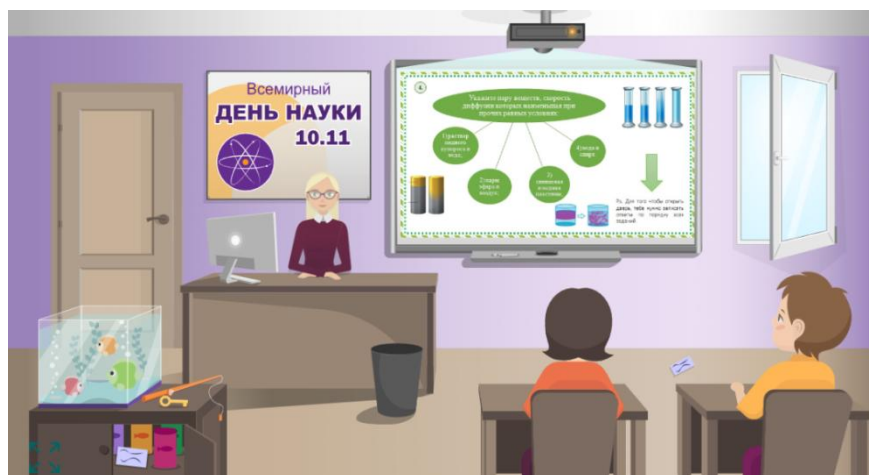


Рисунок 13 – Веб-квест «Выберись из комнаты»

Веб-квест доступен для всех учащихся, так как не требует специальной программы или приложения, ребятам необходимо просто перейти по ссылке и ввести свою фамилию, имя и класс, чтобы учитель мог проверить результат прохождения веб-квеста (рисунок 14).

www.learnis.ru		Learnis – Результаты прохождения квеста		* 55 отзывов	
Ленёв Миша (10)	02.05.2022	5 / 5	09:39		
Кроликов Антон (10)	02.05.2022	5 / 5	05:51		
Горячев Глеб (10)	02.05.2022	5 / 5	04:16		
Нечепоренко Александр (10)	02.05.2022	5 / 5	03:26		
Новоселов Никита (10)	02.05.2022	5 / 5	03:08		
Зайцев Владимир (10)	02.05.2022	5 / 5	03:57		

Рисунок 14– Результаты прохождения квеста

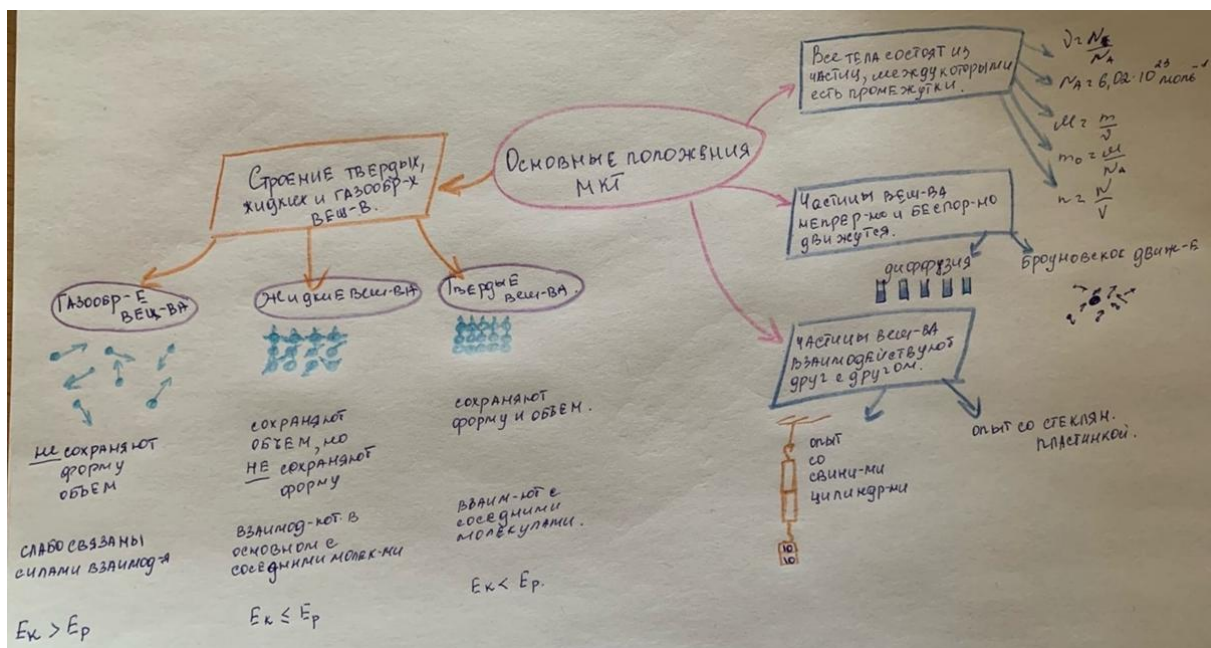


Рисунок 17 – Ментальная карта по теме исследования

После проведения пяти уроков, было проведено повторное анкетирование учащихся, по результатам которого, было выяснено, что учащиеся достаточно полно усвоили изученный материал по теме «Молекулярная физика» (правильные ответы – 89%, неправильные ответы – 11%) (рисунок 18).



Рисунок 18 – Результат повторного анкетирования

Таким образом, в ходе исследования был разработан элективный курс, который увеличил усвоение материала у учащихся по теме «Молекулярная физика». Тем самым выяснили, что использование различных форм деятельности (решение качественных и количественных задач, прохождение веб-квеста, выполнение лабораторных работ, создание ментальных карт) способствует росту интереса у учащихся к изучаемому материалу. Данный курс был разработан на основе таких принципах обучения, как принципах доступности, научности, наглядности и системности, благодаря этому, учащиеся изучили тему «Молекулярная физика» более эффективно.

2.4 Методические рекомендации по теме исследования

При проведении какого-либо опыта не редко случается, что в самый ответственный момент опыт не удаётся в ряде некоторых причин. Тогда учащиеся могут не до конца понять физическое явление или могут появиться сомнения в правильности действий учителя.

В результате проведения экспериментов, благодаря наблюдению нами были выявлены условия, при которых данный эксперимент получается наиболее эффективно.

При изучении темы «Молекулярная физика» в школьном курсе предусмотрено проведение опытов – явление диффузии, взаимодействие молекул, определение размеров молекул.

Более подробно мы бы хотели рассмотреть один из способов определения размеров молекул, который описан в методической литературе. «Опыт заключается в следующем: на поверхность воды, налитой в большой сосуд, помещают каплю оливкового масла, капля растекается по поверхности воды и образует пленку (рисунок 19). Рэлей предположил, что, когда капля перестает растекаться, ее толщина становится равной диаметру одной молекулы. Опыты

показывают, что молекулы различных веществ имеют разные размеры, но для оценки размеров молекул принимают значение, равное 10^{-10} м » [13, с. 105].

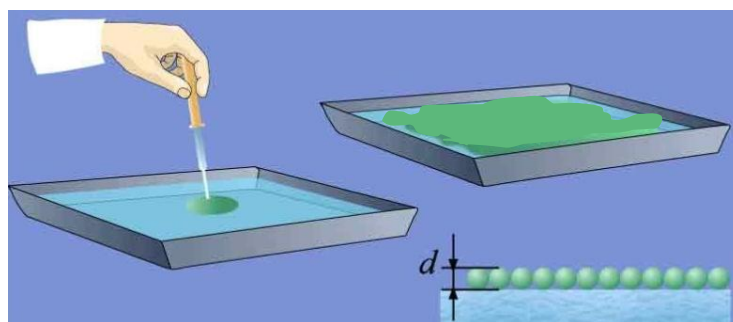


Рисунок 19 – Опыт Рэля

Но недостатки этого метода заключаются в том, что не выявлены условия, при которых этот опыт получается наиболее эффективно. Например, перед экспериментатором могут возникнуть следующие вопросы: каким должен быть объем поверхности сосуда (поверхность пятна не должна быть больше поверхности сосуда), какое масло лучше взять для опыта (из тех, которые нам доступны), как найти объем одной капли.

При выполнении опыта, используя разные сосуды, мы выяснили, что минимальный диаметр поверхности должен быть не менее 20 см.

При проведении данного эксперимента выяснилось, что пятно едва различимо на поверхности воды. Перед нами встал вопрос «Как улучшить видимость масляного пятна?» Мы решили подкрасить воду марганцевокислым калием, вода получилась розового цвета, но в этом случае пятно практически не растекалось, значит, для эксперимента оставляем чистую воду.

Также мы выяснили, что максимально растекается по поверхности воды касторовое масло, а не оливковое как описано в литературе.

Для большей эффективности полученного результата измерять диаметр пятна нужно сразу после его растекания, так как с течением времени пятно сжимается, и появляются просветы (дырки). Для определения размеров

молекул, необходимо вычислить диаметр молекулы с помощью отношения объёма одной капли к площади пятна (по следующей формуле $d = \frac{V}{S}$).

Таким образом, мы получили следующие измерения и вычисления:

1) Для того, чтобы вычислить объем одной капли, необходимо в мензурку налить определенное количество капель, выяснить объем всех капель, после чего разделить объем всех капель на количество капель:

$$V_{\text{капли}} = \frac{V}{N} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{70} = 3,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3;$$

2) Следующим шагом необходимо вычислить площадь, полученного пятна, при $D_{\text{пятна}} = 18$ см:

$$S_{\text{пятна}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{пятна}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} = 0,025 \text{ м}^2;$$

3) Таким образом, диаметр молекулы равен

$$d = \frac{V}{S} = \frac{3,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3}{0,025 \text{ м}^2} = 142 \cdot 10^{-8} = 1,42 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Получившийся порядок размера молекулы противоречит предположению Рэлея. Тем самым объясняя тот факт, что в полученном слое растекшегося масла не одна молекула, а в тысячу раз больше. При выполнении данного опыта в школе, необходимо учитывать этот результат.

Рассмотрим второй способ определения размеров молекул (так как диаметр молекулы равен двум радиусам молекулы, сведём определение размера молекулы к нахождению ее радиуса).

1) Для того, чтобы найти радиус молекулы, нам необходимо найти объем молекулы:

$$V_{\text{молекулы}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{молекулы}}}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{молекулы}}}{4}};$$

2) Для того, чтобы найти объем молекулы, необходимо объем капли разделить на число молекул в капле:

$$V_{\text{молекулы}} = \frac{V_{\text{капли}}}{N_{\text{в капле}}}, V_{\text{капли}} = \frac{V}{N} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{70} = 3,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3,$$

а число молекул в капле мы можем найти, как отношение массы капли к массе одной молекулы: $N_{\text{в капле}} = \frac{m_{\text{капли}}}{m_0}$, где масса капли равна отношению массы ста

капель к их числу: $m_{\text{капли}} = \frac{m_{100}}{100} = \frac{\rho \cdot V}{100} = \frac{900 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{100} = \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{100} = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$.

3) Подставляем значения, чтобы найти число молекул в капле:

$$N_{\text{в капле}} = \frac{m_{\text{капли}}}{m_0} = \frac{m_{\text{капли}}}{M/N_A} = \frac{2,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг}}{6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 0,5 \cdot 10^{22};$$

4) Получившееся значение подставляем в формулу для нахождения объема молекулы:

$$V_{\text{молекулы}} = \frac{V_{\text{капли}}}{N_{\text{в капле}}} = \frac{3,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3}{0,5 \cdot 10^{22}} = 7 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3;$$

5) Таким образом, мы можем вычислить радиус молекулы:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{молекулы}}}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{молекулы}}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3}{4}} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Следовательно, диаметр молекулы равен $2,4 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

С помощью данного способа мы определили размер молекулы более точно, так как порядок совпал с табличным значением размеров молекул.

Таким образом, при изучении данной темы учитель должен знать, что опыт Рэлея дает большую погрешность, поэтому при выполнении данного опыта в работах физического практикума учащиеся должны объяснить несоответствие с табличными значениями размеров молекул.

Также на уроках физики при изучении раздела «Молекулярная физика» необходимо оценивать образовательные результаты школьников, то есть оценивать то, как учащиеся усвоили данную тему после пройденного материала.

Для определения сформированности теоретических знаний и практических умений мы выделили несколько уровней усвоения учебного материала:

1. Первый уровень (репродуктивный) – действия по воспроизведению учебного материала на уровне памяти;

2. Второй уровень (базовый) – действие по воспроизведению учебного материала на уровне понимания, описание и анализ действия с объектом изучения;

3. Третий уровень (повышенный) – действия по применению знаний в знакомой ситуации по образцу, выполнение действий с четко обозначенными правилами, применение знаний на основе обобщенного алгоритма, для решения новой учебной задачи.

В своей работе мы выделили несколько приемов, которые помогут оценивать результат учащихся:

1. Приём «индекс – карточки». Для анализа достижения предметных и метапредметных результатов учитель создает двухсторонние карточки. К созданию карточек учитель может привлекать учеников. При отборе вопросов для изготовления «индекс – карточек» ученики анализируют и систематизируют изученную информацию, тем самым происходит ее осознание. Рассмотрим пример приёма «индекс – карточки» на рисунке 20.

Первая сторона	Вторая сторона
<ul style="list-style-type: none"> • Основные положения молекулярно-кинетической теории. • Опытные обоснования основных положений МКТ. • Определение диффузии и броуновского движения. 	<ul style="list-style-type: none"> • Определите, что вы еще не поняли из изученного материала, и сформулируйте свои вопросы.

Рисунок 20 – Пример приёма «индекс – карточки» при изучении темы «Молекулярная физика»

2. Приём «Квадраты». Суть данного приёма состоит в том, что учитель готовит карточки из четырех окошек с названиями: «Предскажите», «Объясните», «Обобщите» и «Оцените». Учащиеся выбирают по одному квадрату после изучения нового материала с целью обобщения и закрепления пройденного материала. Учащийся, выбирая карточку, выбирает и задание, которое будет выполнять на уроке по изученной теме. От того, какой квадрат выбрал ученик, зависит, какой вопрос задаст учитель. Благодаря этому происходит качественное оценивание результата. Учитель на основе анализа ответов обучающихся оценивает уровень обобщения, понимания и осознания того материала, которым владеют учащиеся. Рассмотрим пример данного приёма на рисунке 21.

Также приведем пример оценивания уровней усвоения учебного материала для карточки «ОБЪЯСНИТЕ»:

1. Первый уровень (3 балла) – учащийся знает, на каком явлении (диффузия/силы взаимодействия) основывается данный вопрос;
2. Второй уровень (4 балла) – учащийся умеет объяснять данные явления;
3. Третий уровень (5 баллов) – учащийся может объяснить зависимость скорости протекания явления диффузии, зависимость от расстояния сил взаимодействия.

<p>ОБЪЯСНИТЕ</p> <p>1. Почему огурцы быстрее просаливаются в горячем рассоле, чем в холодном?</p> <p>2. Почему, приложив один к другому разорванные куски провода, мы не восстановим их?</p>	<p>ПРЕДСКАЖИТЕ</p> <p>1. В какой воде соль и сахар растворятся скорее: в холодной или горячей?</p> <p>2. Из одинаковых ли молекул состоит вода и лед, водяной пар и лед, вода и медь?</p>
<p>ОБОБЩИТЕ</p> <p>1. Сходства и различия между агрегатными состояниями вещества с точки зрения МКТ.</p>	<p>ОЦЕНИТЕ</p> <p>1. Каков порядок размеров молекул?</p>

Рисунок 21 – Пример приёма «Квадраты» при изучении темы «Молекулярная физика»

3. Прием «Речевые образцы». Учитель использует данный прием, так как он нацелен на анализ понимания учащимися основных идей, принципов, понятий. Пример такого задания приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Пример приёма «Речевые образцы» при изучении темы «Молекулярная физика»

Речевые образцы
Броуновское движение это – _____.
Диффузия это – _____.
Экспериментальным обоснованием движения молекул служит _____.
Броуновское движение открыл _____ в ____ году, наблюдая под микроскопом _____, помещенную в воду, заметил ее _____.
Объектом в тексте задачи является _____ и обладает характеристиками: _____.
В задаче речь идет о _____ (таком-то явлении), физический смысл которого заключается в _____.

4. Прием «Кроссворд». Данный прием учитель обычно использует для закрепления теоретических знаний по пройденному материалу. Учащиеся заполняют пересекающиеся клетки словами, отвечающими на данные вопросы, тем самым лучше усваивая информацию или проверяя полученную. Пример такого приёма рассмотрим на рисунках 22-24.

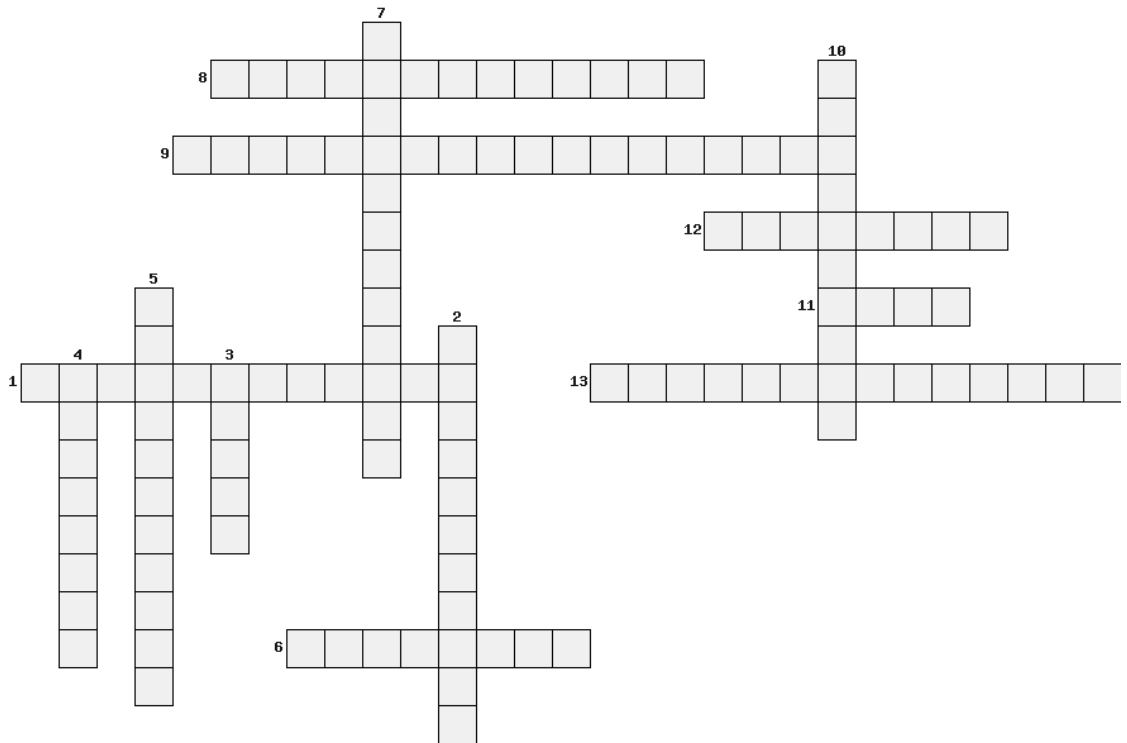


Рисунок 22 – Пример приема «Кроссворд» при изучении темы «Молекулярная физика»

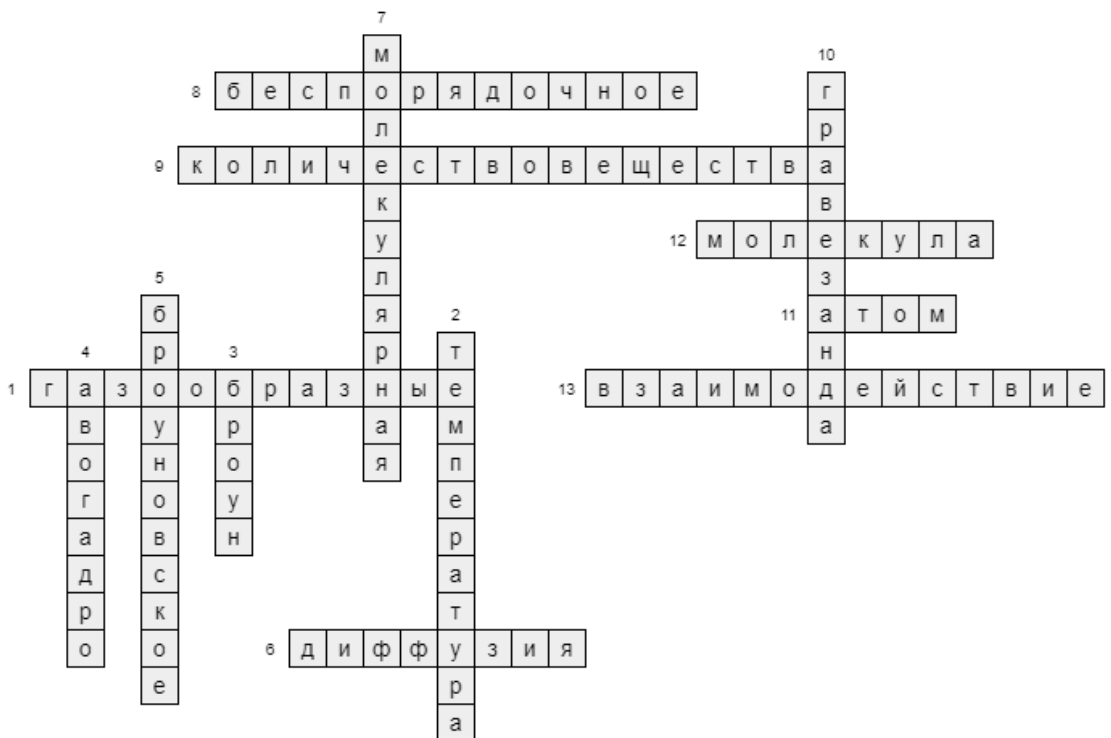


Рисунок 23 – Ответ на кроссворд по теме «Молекулярная физика»

<p style="text-align: center;">По вертикали:</p> <p>2. Мера средней кинетической энергии молекул;</p> <p>3. Какой ботаник открыл броуновское движение?</p> <p>4. Число равно количеству частиц в 1 моле вещества;</p> <p>5. Беспорядочное движение взвешанных в жидкости или газе мелких частиц другого вещества;</p> <p>7. Раздел физики, который изучает физические свойства тел на основе рассмотрения их строения;</p> <p>10. С помощью какого шара можно убедиться, что между молекулами существует расстояние?</p>	<p style="text-align: center;">По горизонтали:</p> <p>1. Вещества со слабыми связями между частицами;</p> <p>6. Самопроизвольное перемешивание соприкасающихся веществ;</p> <p>8. Броуновское движение характеризуется _____ движением;</p> <p>9. Физическая величина, характеризующая количество отдельных структурных единиц, содержащихся в веществе;</p> <p>11. Электрически нейтральная наночастица;</p> <p>12. Наименьшая частица вещества, обладающая главными хим. качествами;</p> <p>13. Между частицами существует ...</p>
--	--

Рисунок 24 – Вопросы для кроссворда по теме «Молекулярная физика»

Благодаря рассмотренным примерам, можно сделать вывод, что данные приёмы универсальны, их можно использовать на различных этапах урока для оценивания усвоения учащимися пройденного материала, а также использовать данные приёмы не только при изучении темы «Молекулярная физика», но и при изучении других тем по физике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе, посвященной формированию теоретических знаний и практических умений при изучении темы «Молекулярная физика», решены следующие задачи, которые были определены, исходя из цели данной исследовательской работы:

- проанализировав теоретические подходы различных авторов, проведен анализ раскрытия темы «Молекулярная физика», представленной в учебниках 10-11 классах авторов С. В. Громова, Б. Б. Буховцева и Г. Я. Мякишева. Были выделены общие подходы и отличительные особенности в изложении темы исследования в данных учебниках;

- раскрыты основные понятия по теме исследования;

- рассмотрена методика введения основных понятий в 10 классе по учебникам авторов А. В. Усова, С. В. Громова и А. В. Пёрышкина;

- рассмотрены методические особенности по формированию теоретических знаний и практических умений по теме «Молекулярная физика» и разработан элективный курс для учащихся 10 классов, в котором использовались различные формы деятельности (решение качественных и количественных задач, выполнение лабораторных работ, прохождение веб-квеста, создание ментальных карт). В результате проведения элективного курса, выяснили, что способствуя росту интереса у учащихся, повышается усвоение изучаемого материала школьниками.

Также нами были разработаны методические рекомендации по теме исследования. В рекомендации по данной теме были включены способы определения размеров молекул, а также приёмы, которые помогут оценивать результат учащихся после пройденного материала. Данные методические рекомендации имеют большое практическое значение и могут применяться не только учителями на уроках физики, но и студентами – практикантами.

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, успешно реализованы в ходе исследования темы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айзензон, А. Е. Физика: учебник практикум для прикладного бакалавриата / А. Е. Айзензон. – Москва: Юрайт, 2016. – 264с.
2. Бахтина, Е. Ю. Физика: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Е. Ю. Бахтина. – Москва: Юрайт, 2016. – 308с.
3. Белов, В. Г. Термодинамика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Г. Белов. – Москва: Юрайт, 2016. – 217с.
4. Бондарев, Б. В. Курс общей физики. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества: учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. – Москва: Юрайт, 2017. – 347 с.
5. Бухарова, Г. Д. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания: учебное пособие для академического бакалавриата / Г. Д. Бухарова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2018. – 221с.
6. Гиршфельд, Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей / Дж. Гиршфельд, Ч. Кертисс, Р. Берд. – Москва: Академия, 2017. – 178с.
7. Громов, С. В. Физика: Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества: учебник для 11 класса / С. В. Громов, Н. В. Шаронова. – Москва: Просвещение, 2012. – 287с.
8. Громцева, О. И. Физика 10-11 классы / О. И. Громцева, Г. Я. Мякишев. Москва: Просвещение, 2015. – 236с.
9. Долгов, А. Н. Сборник решения задач по физике с решением: «Молекулярная физика. Термодинамика» / А. Н. Долгов. – Москва: Лань, 2018. – 227с.
10. Ерофеева, Г. В. Практические занятия по общему курсу физики: учебник для бакалавриата / Г. В. Ерофеева. – Москва: Юрайт, 2016. – 253с.
11. Кабардин, О. Ф. ЕГЭ 2015. Физика. Типовые тестовые задания / О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина, В. А. Орлов. – Москва: Экзамен, 2015. – 217 с.

12. Калашников, Н. П. Графические методы решения задач по молекулярно-кинетической теории и термодинамике идеальных газов / Н. П. Калашников, В. П. Красин. – Москва: Лань, 2020. – 192 с.
13. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения в школе: Частные вопросы: Учебное пособие для студентов педагогических вузов / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Т. И. Носова. – Москва: Академия, 2013. – 384с.
14. Камзеева, Е. Е. Физика 9 класс. Основной государственный экзамен. Типовые тестовые задания / Е. Е. Камзеева. – Москва : Дрофа, 2017. – 142с.
15. Касьянов, В. А. Физика 10 класс. Базовый уровень: учебник / В. А. Касьянов. – Москва: Дрофа, 2015. – 416с.
16. Квасников, И. А. Молекулярная физика / И. А. Квасников. – Москва : Едиториал, 2019. – 230 с.
17. Кикоин, А. К. Молекулярная физика / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. – Москва: Физматлит, 2010. – 269с.
18. Кирьянов, А. П. Термодинамика и молекулярная физика: пособие для учащихся / А. П. Кирьянов, С. М. Коршунов, А. Д. Гладуна. – Москва: Просвещение, 2012. – 218с.
19. Кравченко, Н. Ю. Физика: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Кравченко. – Москва: Юрайт, 2019. – 189с.
20. Ландау, Л. Д. Механика и молекулярная физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва: Добросвет, 2012. – 173с.
21. Лукьянова, А. В. Физика 10 класс, учимся решать задачи / А. В. Лукьянова. – Москва : Юрайт, 2017. – 142с.
22. Мякишев, Г. Я. Учебник по физике за 10 класс / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – Москва : Лань, 2014. – 267с.
23. Мякишев, Г. Я. Учебник по физике за 10 класс. Молекулярная физика. Термодинамика. Углубленный уровень / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – Москва: Вертикаль, 2015. – 311с.

24. Мякишев, Г. Я. Физика 10 класс. Базовый уровень: учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – Москва: Просвещение, 2016. – 291с.
25. Никеров, В. А. Физика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Никеров. – Москва: Юрайт, 2020. – 168с.
26. Овчинкин, В. А. Сборник задач по общему курсу физики «Механика. Термодинамика и молекулярная физика» / В. А. Овчинкин. – Москва: МФТИ, 2014. – 309с.
27. Орехов, В. П. Методика преподавания физики в 8-9 классе / В. П. Орехов, А. В. Усова, К. В. Альбин. – Москва: Просвещение, 2010. – 384 с.
28. Перышкин, А. В. Физика. 7 класс: учебник / А. В. Перышкин. – Москва: Дрофа, 2013. – 231с.
29. Перышкин, А. В. Физика. 10 класс: учебник / А. В. Перышкин. – Москва: Дрофа, 2016. – 286с.
30. Ромашкевич, А. И. Молекулярная физика 10 класс, учимся решать задачи / А. И. Ромашкевич. – Москва: Дрофа, 2018. – 117с.
31. Русаков, А. В. Сборник задач по физике: «Молекулярная физика. Термодинамика. Постоянный ток. Магнитное поле» / А. В. Русаков, В. Г. Сухов. – Москва: Физматлит, 2017. – 348с.
32. Светозаров, В. В. Сборник задач по физике: Механика и молекулярная физика / В. В. Светозаров, А. И. Руденко. – Москва: Юрайт, 2019. – 215с.
33. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: Термодинамика. Молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – Москва: Физматлит, 2016. – 248с.
34. Сивухин, Д. В. Сборник задач по общему курсу физики «Термодинамика и молекулярная физика» / Д. В. Сивухин. – Москва: Физматлит, 2017. – 251с.
35. Скрышевский, А. Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел / А. Ф. Скрышевский. – Москва: Высшая школа, 2008. – 328с.
36. Трофимова, Т. И. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. – Москва: Юрайт, 2019. – 194с.

37. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике / Т. И. Трофимова. – Москва: Юрайт, 2017. – 147с.
38. Трофимова, Т. И. Физика от А до Я: справочное пособие / Т. И. Трофимова. – Москва: Юрайт, 2018. – 156с.
39. Чернов, И. П. Молекулярная физика и термодинамика / И. П. Чернов, Ю. И. Тюрин. – Москва: Лань, 2020. – 288с.
40. Шилов, В. Ф. Молекулярная физика и термодинамика в 7-11 классах / В. Ф. Шилов. – Москва: Просвещение, 2016. – 96с.
41. Яковлев, В. Ф. Теплота и молекулярная физика / В. Ф. Яковлев. – Москва: Юрайт, 2018. – 198с.