

Д.А. ИВАШКИНА

**Эксперимент как метапредметная
деятельность: реализация ФГОС
на примере курса физики**

Лекции 1–4

Москва
Педагогический университет
«Первое сентября»
2014

Ивашкина Диана Анатольевна

Материалы курса «Эксперимент как метапредметная деятельность: реализация ФГОС на примере курса физики»: лекции 1–4. – М.: Педагогический университет «Первое сентября», 2014. – 120 с.

Учебно-методическое пособие

Редактор *С.Я. Ковалева*
Корректор *О.Е. Русакова*
Компьютерная верстка *Д.В. Кардановская*

Подписано в печать 10.11.2013.
Формат 60×90/16. Гарнитура «Petersburg»
Печать офсетная. Печ. л. 7,5
Тираж 300 экз. Заказ №
Педагогический университет «Первое сентября»,
ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165
<http://edu.1september.ru>

© Д.А. Ивашкина, 2014
© Педагогический университет «Первое сентября», 2014

Учебный план

№ брошюры	Название лекции
1	Лекция 1. Системно-деятельностный подход. Теория поэтапного формирования умственных действий. Основные понятия. Элементы физического знания и виды деятельности, связанной с ними. Теория П.Я. Гальперина поэтапного формирования умственных действий
1	Лекция 2. Обучение деятельности по «открытию» эмпирических законов. Виды деятельности, для которых знания о физическом законе являются опорными. Организация деятельности учащихся по «открытию» закона
1	Лекция 3. Формирование понятий о физических явлениях на основе экспериментальной деятельности. Обобщённая схема деятельности. Примеры конкретизации схемы. Организация деятельности учащихся по созданию понятия о явлении на эмпирическом уровне познания. Применение структурной схемы физического явления в других учебных ситуациях
1	Лекция 4. Формирование понятий о физических величинах на основе экспериментальной деятельности. Различные типы физических величин. Разработка сценариев уроков с организацией деятельности учащихся по введению физических величин. Роль мотивационного этапа. Логика построения курса для организации исследовательской деятельности на уроках. Контрольная работа № 1
2	Лекция 5. Формирование метапредметной деятельности: решение познавательных задач экспериментальным методом с учётом погрешностей. Схема деятельности. Проектирование и конструирование экспериментальной установки. Обработка экспериментальных данных. Обучение определению погрешности прямых измерений
2	Лекция 6. Формирование ИКТ-компетентности учащихся и учителей при компьютерной поддержке урока физики. Нахождение вида зависимости одной физической величины от другой. Линеаризация графика. Возможности электронных таблиц для построения графиков по результатам эксперимента. Оценка погрешности косвенных измерений. Контрольная работа № 2
2	Лекция 7. Обучение универсальным учебным действиям: подход поэтапного формирования. Разработка систем познавательных задач для обучения учащихся исследовательской деятельности
2	Лекция 8. Формирование метапредметной деятельности средствами эксперимента при изучении физических теорий. Структура физической теории. Виды теорий и их изучение в школьном курсе физики. Формулирование предсказаний теории и проверочный эксперимент. Итоговая работа

Лекция 1

Системно-деятельностный подход. Теория поэтапного формирования умственных действий

Введение

С 2010 г. в отдельных образовательных учреждениях и образовательных системах регионов педагогические коллективы перешли на работу по Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) не только в начальной школе, но и в основной. Обновление стандарта подготавливалось давно [1]. По плану учителя-предметники должны включаться в данную работу по мере взросления поколения, начавшего обучение в школе в 2010 г. (табл. 1.1, [1]). Учителя физики должны начать работу в рамках ФГОС с 2017 г., когда в 7-е классы придут учащиеся с уже развитыми метапредметными умениями. Однако практика показывает, что нередко в силу административных факторов, учителя должны быть готовы к реформам с некоторым опережением. Да и сами эти реформы, внедряемые административно, могут давать не совсем те эффекты, которые были заложены в концептуальной идее. И к этому надо быть готовым...

Таблица 1.1

Введение Федерального государственного стандарта общего образования

Класс	Годы введения ФГОС	Класс	Годы введения ФГОС
*	2010–2011	6	2016–2017
1	2011–2012	7	2017–2018
2	2012–2013	8	2018–2019
3	2013–2014	9	2019–2020
4	2014–2015	10	2020–2021
5	2015–2016	11	2021–2022

В отличие от Федерального компонента, введённого в 2004 г. в нашу систему образования, во ФГОС (2010) более чётко определены результаты обучения, большая часть которых представляет собой системы освоенных учащимися действий [2]. Ключевой составляющей стандарта теперь являются планируемые образовательные результаты (в новой редакции Закона они названы «Требования к освоению основных образовательных программ»). Требования подразделяются на три парал-

лельные системы действий, которыми должны овладеть школьники: личностные, метапредметные и предметные (последние связаны с первой концепцией стандарта и органично вошли в новый вариант). Таким образом, учитель должен построить методику преподавания предмета с учётом новых требований, выстроить траекторию обучения учащихся в соответствии с планируемыми образовательными результатами, организовать на уроках соответствующие виды деятельности, продумать необходимые для этого средства и методы обучения.

Учащийся должен уметь среди прочего определять понятия, создавать обобщения, строить умозаключения и так далее. В этом проявляется деятельностный характер Стандарта. Наряду с личностными и метапредметными результатами в Стандарте прописаны действия, которыми ученик должен овладеть на уроках естественно-научного цикла и конкретно на уроках физики. Поскольку физика – наука экспериментальная, действия эти касаются экспериментальных навыков учащихся, и многие из них не могут быть освоены ни на каких других уроках, кроме физики.

Кроме того, в документах Стандарта прямо сказано, что школьный курс физики является *системообразующим* для всех предметов естественно-научного цикла [3]. Поэтому многие методологические умения, перечисленные в составе метапредметных результатов, должны в существенной своей части усваиваться именно на уроках физики.

Ещё одна особенность Стандарта проявляется в том, что он нацеливает всё педагогическое сообщество на формирование у обучаемых конкретных **компетенций**.

В программных документах и методической литературе встречаются самые разные понимания этого термина:

- *Компетенция* – это совокупность определённых знаний, умений и навыков, о которых человек должен быть осведомлён и иметь практический опыт работы.

- *Компетенция* – способность эффективно использовать на практике полученные знания и навыки [4].

- *Компетенция* – это вид деятельности, владение которым позволяет человеку успешно решать профессиональные, бытовые, социальные проблемы [5].

При любом определении этого термина ясно, что речь идёт о видах деятельности, которые *усвоены* учащимися в ходе обучения в школе. Чтобы усвоить определённый вид деятельности, любой человек должен *выполнить её многократно*, тем более если речь идёт об учащихся, чьи стратегии действий, привычки в способах решения проблем практически к 12 годам сформированы, как утверждают психологи, лишь на 80%. Таким образом, учитель физики не только должен продумывать

систему деятельности по формированию веера компетенций, связанных с экспериментом, но и спланировать её так, чтобы учащиеся имели возможность осуществить эту деятельность многократно.

Посмотрим, какими видами деятельности должен заниматься учащийся на уроках физики. Основные результаты даны в тексте Стандарта, более детализированные действия прописаны в Примерной программе по физике. Умения «проводить эксперименты», «обнаруживать зависимости между физическими величинами», «обрабатывать результаты измерений», «оценивать границы погрешностей результатов измерений» и «выводить из экспериментальных фактов физические законы» наводят на мысль об исследовательской деятельности по получению экспериментальных законов. Действия «планировать и выполнять эксперименты», «объяснять полученные результаты и делать выводы» говорят также о качественном экспериментальном исследовании, например, по изучению нового физического явления. Ну а упоминание «видов деятельности по получению нового знания в рамках учебного предмета» напрямую приводит нас к выводу об исследовательском характере деятельности учащихся на уроках. Таким образом, методика преподавания курса физики должна измениться, особенно в части организации фронтального эксперимента и методологической составляющей курса. Лабораторные работы должны приобрести исследовательский характер [6], а весь курс должен стать более систематичным в части освоения научного метода.

Обсуждаемые здесь виды деятельности и методика обучения этим видам деятельности уже описывались в авторской методике С.В. Анофриковой [7, 8]. В её работах они называются «созданием понятия о физическом явлении» и «выявлением устойчивых связей и отношений между физическими величинами (открытие закона)». Тесно переплетается с ними ещё один вид деятельности – «создание понятия о физической величине». Процесс обучения этим трём видам деятельности не только позволяет освоить все так или иначе связанные с экспериментом действия, перечисленные в Стандарте, но и даёт мощную методологическую основу для всего курса физики основной школы.

В таблице 1.2 перечислены как общие, так и конкретные образовательные результаты, о которых упоминается в Стандарте и которые могут быть получены учащимися в ходе обучения (отмечены крестиками) при реализации определённых видов деятельности. Обозначим их как «закон» – получение школьниками экспериментального закона (выявление устойчивых связей и отношений между физическими величинами), «явление» – исследование физического явления (создание понятия о явлении), «физическая величина» – введение физической величины (создание понятия о физической величине).

Таблица 1.2

Образовательные результаты

Формируемые виды деятельности (компетенции)	Формируемые элементы физического знания		
	Закон	Явление	Физическая величина
Виды деятельности по получению нового знания в рамках учебного предмета [2]	+	+	+
Умение определять понятия, создавать обобщения [2]	+	+	+
Умение осознанно использовать речевые средства в соответствии с задачей коммуникации для ... планирования и регуляции своей деятельности [2], докладывать о результатах своего исследования [3]	+	+	+
Умение формулировать гипотезы [2]	+		+
Умение проводить эксперименты [2], планировать и выполнять эксперименты [3]	+	+	
Умение оценивать полученные результаты [2]	+	+	
Умение иметь опыт прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов [2]	+		+
Умение обрабатывать результаты измерений, представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и формул [3]	+		
Умение обнаруживать зависимости между физическими величинами, владение экспериментальными методами исследования в процессе самостоятельного изучения зависимости [3]	+		
Умение объяснять полученные результаты и делать выводы [3]	+	+	
Умение оценивать границы погрешностей результатов измерений [3]	+		+
Умение выводить из экспериментальных фактов и теоретических моделей физические законы [3]	+		

Современные перечни лабораторных работ не позволяют повторять или как-то отрабатывать требуемые от учащихся результаты, способы умственной деятельности, даже если цели этих работ и сформулированы как исследовательские [6]. Да и количество лабораторных работ не соответствует заявленным целям обучения исследовательским навыкам и компетенциям.

Ещё одна принципиальная проблема в том, что такие лабораторные работы не могут проводиться с помощью пошаговых инструкций, что очень распространено в практике учителей физики, так как учащиеся должны сами «формулировать цель экспериментального исследования» [6] и самостоятельно «планировать эксперимент» [3]. Значит, учитель должен так организовать обучение, чтобы ученики имели возможность самостоятельно формулировать цели исследования и самостоятельно его проводить, причём не только в рамках фронтальных лабораторных работ, но и на других уроках, в ходе демонстрационного, фронтального и других видов эксперимента (по группам, дома и т.д.). О том, как организовать такое обучение, и пойдёт речь в этом курсе.

1.1. Элементы физического знания

В числе первых метапредметных результатов, перечисленных в материалах ФГОС, упоминается «умение определять понятия» [2]. Под *понятием* здесь понимается знание, фиксирующее общие признаки некоторого класса множества объектов или явлений, по которым этот класс отличается от других классов этого множества. Но *понятием* также называется и термин, которым это знание обозначается. Определение понятий – это необходимое умственное действие по сопоставлению *термина* и соответствующего ему *элемента знания*.

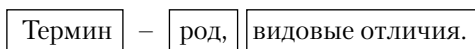
Вы наверняка задумывались, уважаемые коллеги, почему ученики, уверенно давая определения на уроках русского языка или геометрии, часто затрудняются с определением понятий на уроках физики. Дело в том, что многоуважаемые авторы учебников для основной школы (7–8-й классы) часто обходят вопросы определений стороной, заменяя их описанием, объяснением или просто сославшись на опыт учащихся. Сложность состоит в том, что классы определяемых понятий в физике очень разнообразны. Это и различные группы объектов (проводники, абсолютно твёрдые тела, источники света), физические явления, процессы, величины и т.д. Для формулирования определений нужен либо большой опыт, либо знание правила определения понятий в обобщённом виде и умение его применять в конкретных ситуациях.

Обучать определению понятий можно в соответствии с логическим правилом, введённым ещё Аристотелем [8]:

- сначала напиши термин;
- потом поставь тире и укажи род (название того множества, частью которого является класс, который ты в этом множестве выделяешь);
- потом перечисли те признаки, по которым этот класс отличается от всех других классов данного множества (видовые отличия) (схема 1.1).

Схема 1.1

Схема логического правила определения понятий



Несмотря на кажущуюся сложность правила, даже пятиклассники легко усваивают правила действий по формулированию определений, если посвятить этому некоторое время на уроке, подготовив соответствующие упражнения. Примеры упражнений приведены ниже.

Пример 1.1. Большим успехом пользуется в младших классах формулирование цепочки определений понятий, связанных со школьной жизнью.

1. Пятиклассник – это ученик, который учится в пятом классе (ученик пятого класса).

2. Ученик – это человек (ребёнок), который посещает школу (или другие занятия).

3. Ребёнок – это человек, которому не больше 14 (11, 12 лет – определение зависит от самосознания тех, кто его даёт).

Такое упражнение сразу *показывает*, что определять одно и то же понятие можно по-разному. Поэтому при формулировании определений в науке следует договариваться о характерных видовых отличиях того или иного понятия.

Пример 1.2. Чтобы прояснить понятие рода, можно попросить учеников определить понятия чего-нибудь из их окружения. Например:

1. Стол – это ... (предмет мебели, который служит для работы за ним, письма, обеда...).

2. Ручка – это ... (инструмент, который служит для письма).

3. Автомобиль – это ... (средство передвижения, которое ...).

Остаётся только пояснить, что в ходе уроков изучения нового предмета ученики будут узнавать новые понятия и род, к которому это понятие относится. А в остальном процесс формулирования определения

несложен, и ученики после нескольких тренировок будут выполнять его самостоятельно.

Таким образом, при определении понятий следует исходить из принадлежности этих понятий к тому или иному множеству объектов (роду) и руководствоваться признаками, которые характерны для данного рода.

Как же узнать, к какому роду относится то или иное понятие? Оказывается, групп понятий, с которыми мы встречаемся в физике, не так много. Это понятия о состоянии, о явлениях, об объектах, о величинах, о суждениях (научных фактах, научных законах, научных теориях), о свойствах, о процессе, о воздействии (взаимодействии). Не всем понятиям соответствуют термины, значит, и определять такие понятия нет необходимости.

Для каждой группы понятий можно выявить, о каких видовых признаках должна идти речь при их определении. Поэтому имеет смысл выяснить содержание самих родовых понятий «состояние», «физическое явление», «физический объект», «физическая величина», «суждение», «свойство», «процесс», «воздействие (взаимодействие)». Раскроем содержание некоторых из этих понятий – они изучаются не на одном уроке, даже если относятся к одной теме, при этом учащиеся должны быть подготовлены к восприятию схем, логики изложения материала и оперированию сокращёнными обозначениями, аббревиатурами.

Состоянием физического объекта называют совокупность его свойств в данный момент времени, а также совокупность его отношений с другими объектами. В качестве видовых отличий следует указать те свойства (характеристики) объекта, которыми он обладает в данный момент и которые могут измениться. При этом определение может соответствовать схеме 1.1, но выражаться «другими словами». Так, например, в определениях часто употребляются слова «называют, называется». Смысл определения при этом не меняется, так как при этом все структурные элементы схемы в определении присутствуют. Приведу примеры определений, данных в учебниках и «перефразированных» в соответствии с логической схемой определения понятий (приведены в скобках).

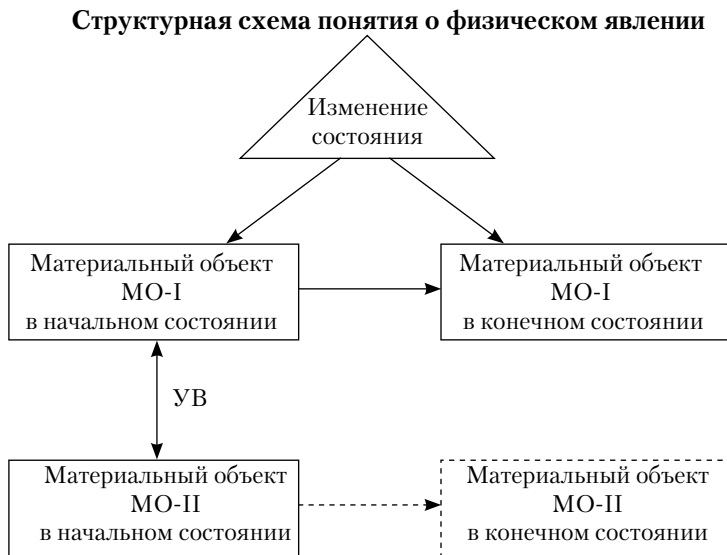
Пример 1.3. Тепловым равновесием называется состояние, при котором все макроскопические параметры сколь угодно долго остаются неизменными [9]. (Тепловое равновесие – это состояние, при котором все макроскопические параметры системы сколь угодно долго остаются неизменными.)

Процессом называется последовательное изменение состояния объекта. В качестве видовых отличий следует указывать, как именно изменяется состояние.

Пример 1.4. Изобарным процессом называется процесс, протекающий при неизменном давлении [10]. (Изобарный процесс – это процесс, который протекает при неизменном давлении.)

Физическим явлением называют изменение состояния материального объекта (обозначим его МО-I). Чувственно воспринимаемой причиной этого изменения является воздействие на него другого материального объекта (МО-II). *Взаимодействие* объектов происходит в определённых *условиях* (УВ) [8]. Рассмотренные условия существования физического явления можно представить в виде схемы 1.2. Следовательно, в видовых признаках того или иного явления должны быть указаны: *а)* с каким объектом происходит данное явление (в обобщённом виде – МО-I); *б)* какое именно изменение состояния происходит (характеристики объекта МО-I в начальном и конечном состояниях); *в)* при взаимодействии с каким объектом МО-I изменяет состояние (МО-II); *г)* при каких условиях происходит это явление (УВ).

Схема 1.2



Обозначения: МО-I – материальный объект, состояние которого меняется; МО-II – материальный объект, воздействие которого на МО-I является причиной изменения его состояния; \leftrightarrow – взаимодействие объектов; \rightarrow – переход объекта из одного состояния в другое; УВ – условия взаимодействия объектов.

Пример 1.5. Броуновское движение – это явление, заключающееся в том, что все мельчайшие частицы (МО-I), взвешенные в жидкости или

газе (МО-II и УВ), находятся в непрерывном дрожании (изменение состояния) [11].

В определении понятия физического явления могут присутствовать указания не на все структурные элементы схемы 1.2, в частности, если определяемое физическое явление относится к множеству явлений, объединяемых общими признаками. Так, при определении понятий «теплопроводность» и «конвекция» в качестве общего рода в определении используется «вид теплообмена (или теплопередачи)». Определение понятия «теплообмен» даётся раньше. В этом определении называются в качестве объектов, с которыми происходит явление, *более горячее тело* и *менее горячее тело*. Из определения также известно, какое именно изменение состояния этих тел происходит: более горячее тело остывает («отдаёт тепло»), менее горячее – нагревается («получает тепло»). Таким образом, в определениях понятий «теплопроводность» и «конвекция» остаётся лишь уточнить класс объектов и условия взаимодействия.

Пример 1.6. Теплопроводность – вид теплообмена между двумя телами при контакте или между двумя частями тела (уточнение МО-I и МО-II), осуществляемый без переноса вещества (УВ). Конвекция – вид теплообмена внутри жидкостей и газов (уточнение МО-I и МО-II) потоками вещества (УВ).

Если в том или ином явлении важным фактором является именно изменение состояния, а воздействующий объект существенным не является, такое явление можно определять как процесс.

Пример 1.7. Переход вещества из твёрдого состояния в жидкое называют плавлением [12]. (Плавление – это физическое явление (процесс), при котором вещество из твёрдого состояния переходит в жидкое.)

Надо отметить, что определения родовых понятий, которые мы формулируем с детьми, могут несколько отличаться от приведённых здесь. С методической целью их можно упрощать. Так, например, на первом уроке в 7-м классе мы выясняем, что «физическое явление – это изменение состояния тела». Ученики учатся описывать, каково состояние тел и каким образом это состояние изменяется, чтобы доказать, что произошло физическое явление.

Рассматривая диффузию и броуновское движение, мы добавляем к определению физического явления: «это изменение состояния тела или вещества под действием другого тела или вещества при определённых условиях». На этом этапе мы учимся формулировать определения

понятий «диффузия», «броуновское движение», а также определения понятий о других физических явлениях.

Изучая физические явления в 8-м классе (тепловые явления), мы говорим уже о материальном объекте, подразумевая под ним «тело», «вещество» или «поле». Для чтения схемы удобно пользоваться не сокращениями МО-I и МО-II, а говорить об *объекте, с которым происходит явление*, и о *воздействующем объекте*. Изменение состояния воздействующего объекта не всегда известно или не всегда важно, поэтому на схеме конечное состояние этого объекта обведено пунктиром.

Физическими объектами называют вещественные физические тела (мега-, макро- и микрообъекты), поля (гравитационное, электромагнитное), приборы, разработанные на основе физических явлений [8]. Особую группу физических объектов составляют идеализированные объекты, которых в природе не существует. Понятия об этих объектах возникают при создании физических теорий, выражающих сущность множества объектов или явлений (при создании фундаментальных теорий).

Как в случае физических явлений, так и в случае физических объектов (макрообъектов) определение понятия в учебниках часто подменяется его объяснением.

Пример 1.8. В учебнике для 7-го класса [13] читаем: «Явление, при котором происходит взаимное проникновение молекул одного вещества между молекулами другого, называется *диффузией*». Здесь, по сути, объяснён механизм диффузии, но не воспринимаемое с помощью органов чувств (или приборов) изменение состояния веществ. С помощью признаков, указанных в данном определении, невозможно отличить данное явление от многих других.

В Физическом энциклопедическом словаре [14] даётся такое определение: «Диффузией называют взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга».

Пример 1.9. Такая же неточность допущена в одном из учебников для 10-го класса при определении понятия «Кристаллы»: «Кристаллы – это твёрдые тела, атомы или молекулы которых занимают определённые, упорядоченные положения в пространстве». Более «естественное» определение даёт, например, детская энциклопедия [15]: «Кристалл – твёрдое тело, имеющее естественную форму правильного многогранника». Однако и здесь есть добавление: «... его атомы образуют кристаллическую решётку (трёхмерно-периодическую пространственную укладку)». Связано это с тем, что наиболее надёжным признаком кристалла является его строение, которое проверяется не

непосредственно, а по косвенным экспериментальным данным: наличие анизотропии, точность формы и так далее. Что касается определения этого понятия в учебнике, то здесь, видимо, с методической целью сначала говорится о модели кристалла, а затем описываются свойства монокристаллов.

Понятие «**физическая величина**» определено в ГОСТ 16263-70 так: «Физическая величина – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта» [16]. Следовательно, признаками, по которым одна величина отличается от другой, является свойство, для количественного описания которого она вводится, и способ числовой оценки этого свойства. Оба признака должны быть указаны в определении физической величины.

Пример 1.10. Напряжённость электрического поля – физическая величина, характеризующая силовое воздействие поля на внесённый в него заряд (*свойство*) и равная отношению силы, с которой поле действует на внесённый в данную точку поля заряд, к значению этого заряда (*способ определения*).

Масса тела – физическая величина, характеризующая инертность тела (*свойство*), и определяемая взаимодействием тела с эталонным телом, при этом отношение масс равно обратному отношению полученных телами ускорений (*способ определения*).

Подробнее о способах введения и определения физических величин будет говориться в лекции 4.

Кроме понятий к научным знаниям относятся *суждения*, представляющие собой обобщения достоверных фактов, а также теории.

Суждением называется мысль, выраженная повествовательным предложением. Физические суждения бывают двух типов. В суждениях *первого типа* выражается достоверная обобщённая информация о некотором общем свойстве множества объектов или отношениях между ними (при этом само множество обозначается определённым термином, например: тела, вещества, металлы, проводники, магнетики, жидкости, линзы, сообщающиеся сосуды и т.п.). Суждения такого типа называют **научными фактами**. Важным признаком научного факта является предельная, насколько это возможно, степень обобщения информации.

Пример 1.11.

– На тело, погружённое в жидкость, действует выталкивающая сила. (Суждения с меньшей степенью обобщения: «На цилиндр, погружённый в воду, действует выталкивающая сила» – *единичный факт*; «На разные тела, погружённые в воду, действует выталкивающая сила» – *частное суждение* (есть частичное обобщение).)

– Металлы являются проводниками. (Суждения с меньшей степенью обобщения: «Алюминий является проводником» – *единичный факт*.)

– Период колебаний нитяного маятника не зависит от массы тела. (Суждения с меньшей степенью обобщения: «Период колебаний маятника, изготовленного из нити длиной 40 см и нескольких цилиндров, не зависит от массы цилиндров» – *частный факт*.)

В физических суждениях *второго типа* выражается обобщённая информация об устойчивых связях и отношениях между физическими величинами. Такие суждения называются **законами**.

Пример 1.12.

– Сила трения скольжения прямо пропорциональна силе, с которой тело давит на поверхность (*указание на устойчивую связь значений силы трения и силы давления*).

– Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, прямо пропорционально квадрату силы тока, проходящего по нему (*указание на устойчивую связь количества теплоты и силы тока в проводнике*).

Физическая теория – это совокупность научных знаний, организованных определённым образом. Она включает в себя и понятия разных типов, и суждения разных типов. Теории создаются для обнаружения сути (внутренней сущности, природы) отдельных явлений (объектов) или конкретного множества явлений (объектов). Подробней структура различных видов теорий, а также примеры будут рассмотрены в лекции 8.

Пример 1.13. Молекулярно-кинетическая теория. Теория броуновского движения.

1.2. Опорные виды деятельности учащихся на уроках физики

С каждым из названных элементов физического знания связаны два вида деятельности учащихся, в которых данный элемент знания является опорным: это деятельность по *созданию* данного элемента знания

и деятельность по его *применению* [5]. Поскольку обучению *деятельности по созданию нового знания* будут посвящены все остальные лекции, остановлюсь здесь на более простой деятельности – *по применению нового знания*. Деятельность по применению знания можно разделить на несколько видов. Самые распространённые – это деятельность по *распознаванию* данного элемента знаний и деятельность по его *воспроизведению*. Поясню это на конкретных примерах.

Пример 1.14. Деятельность *по созданию понятия* об идеальном газе – это формирование соответствующей системы образов и знаний о них в мышлении учащихся, связанное с поиском наиболее простой модели для описания строения и свойств газов. Деятельность *по применению нового знания* – это деятельность *по распознаванию ситуации*, в которой можно применить модель идеального газа, и деятельность *по воспроизведению* такой ситуации (задание параметров газа, планирование эксперимента).

Пример 1.15. Создание понятия о явлении «конвекция» предполагает *исследование* вопроса о том, в каких веществах происходит конвекция и при каких условиях. Применение нового понятия связано с *распознаванием* данного явления в конкретной ситуации (объяснение явления с применением понятия о конвекции) и *воспроизведением* данного явления (в эксперименте или в рассказе с примерами его проявления).

Пример 1.16. Создание понятия о физической величине, например силе, – это *исследование* с целью создания прибора для количественной оценки воздействия одного тела на другое, введения единицы новой величины. Деятельность по применению понятия об этой физической величине – это измерение значения силы в конкретной ситуации (*распознавание*) или создание конкретной ситуации (*воспроизведение*), в которой сила примет заданное значение.

Деятельность по *применению знаний* о физических законах и теориях подразумевает умение решать физические задачи, оценивать применимость модели в конкретной ситуации и т.д. Таким образом, выделив элементы знания, которые должны усвоить учащиеся, можно понять, каким видам деятельности они могут обучиться в ходе урока. Многие виды деятельности по созданию и применению физического знания включают в себя действия, связанные с экспериментом. Эти действия перечислены в Примерной программе по физике в качестве общих предметных результатов обучения учащихся физике [3]: «умения ... планиро-

вать и выполнять эксперименты, обрабатывать результаты измерений, представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и формул, обнаруживать зависимости между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы, оценивать границы погрешностей результатов измерений». Таким образом, обучение перечисленным видам деятельности влечёт за собой приобретение учащимися этих экспериментальных умений.

За кадром обсуждения в этом разделе остались общеучебные действия, которые учащиеся также осваивают на уроках физики (смысловое чтение, умение отвечать на вопросы, различать причины и следствия). Обучение этим видам деятельности происходит на всех уроках. Однако стоит особо сказать об одной проблеме. Поскольку на уроках физики обсуждаются явления и объекты, окружающие ребёнка в обыденной жизни, а разнообразие окружающего мира огромно, именно в физике встаёт вопрос о правильном формулировании вопросов учителем.

Пример 1.17. На вопрос типа «Что называется теплопроводностью?» можно дать не менее двух абсолютно правильных ответов, поскольку термин «теплопроводность» присвоен виду теплопередачи (кстати, определение этого вида теплопередачи в школьном курсе отличается от используемого в технике), и физической величине, характеризующей свойство вещества проводить тепло.

Пример 1.18. Вопрос учителя, ведущего урок в интерактивной форме, «Что мы должны сделать дальше?» – вообще предполагает огромное количество ответов в зависимости от того, какие мысли в этот момент занимают ребёнка: «успокоиться и не болтать», «открыть учебник, тетрадь, записать вывод», «придумать, чем занять учителя», «подумать над тем, какие вопросы остались» и т.д.

В связи с этим обучение умению чётко отвечать на поставленные вопросы требует от учителя определённой дисциплины постановки этих вопросов. При деятельностном подходе учителю легко формулировать вопросы так, чтобы учащиеся понимали, как должен звучать их ответ: указать либо объект, на который им следует направить свою деятельность, либо вид деятельности. В примере 1.17 можно задать вопрос другому: «Какой вид теплопередачи называют теплопроводностью?» или «Дайте определение термину “теплопроводность”». В примере 1.18: «Какой шаг, согласно нашей схеме, мы должны теперь предпринять?» или «Какой эксперимент для проверки гипотезы вы можете предложить?»

1.3. Как обучать деятельности: теория поэтапного формирования действий

Многие учителя сталкивались с ситуацией, когда определённый вид деятельности, например решение задач по динамике, казалось, был усвоен учащимися, но на контрольной работе оказалось, что ученики «всё делают по-своему», не достигая результата (в данном случае – правильного ответа). Чтобы понять, что происходит в голове у обучаемого в процессе усвоения деятельности, обратимся к работам П.Я. Гальперина [17].

В психологии различают идеальные и материальные действия. Идеальные действия, то есть действия, которые мы производим в поле восприятия (в речевом плане или в уме), являются производными от внешних (предметных, материальных) действий, которые «пересаживаются в человеческую голову» и во время этой «пересадки» и дальнейшего функционирования претерпевают закономерные изменения, в результате чего становятся идеальными действиями. Каждое отдельное действие человека состоит из двух основных частей: ориентировочной и исполнительной. При этом ориентировочная часть является собственно управляющей. Ориентировочный этап включает в себя мотивационную часть и операционную, конечным продуктом которой является составление плана деятельности.

Виды деятельности, которые ученик должен освоить на уроке, как правило, умственные, внутренние. Внешним действием является, например, письмо в своей двигательной части. Но у него есть ориентировочная часть, которая у ребёнка очень развёрнута, а потом сворачивается, уходит внутрь, превращается в умственное действие. Также внешними действиями являются, например, монтаж электрической схемы, построение графика или запись показаний приборов. Но процесс обучения этим действиям требует усвоения их ориентировочной части. Эта часть переходит в умственный план, а исполнительная часть продолжает при этом оставаться предметной, материальной, внешней. Именно поэтому в теории П.Я. Гальперина речь идёт о формировании *умственных действий*, то есть тех, которые определяют все остальные.

Когда мы проводим урок, объясняя материал, показывая эксперименты, задавая вопросы, то не можем предсказать, в каком виде та или иная деятельность усвоится учащимися. Но можно создать условия, при которых ребёнок не может не усвоить данную деятельность. Для этого ученики, выполняя в дальнейшем эту деятельность, должны следовать определённому плану, выполнять все необходимые шаги, чтобы получить предсказанный конечный результат. Такой план является схемой ориентировочной основы деятельности, и схема эта должна быть максимально обобщена. Но общая схема не усваивается, поскольку она абстрактна. Только в применении этой

общей схемы к конкретным ситуациям деятельность может быть усвоена. А значит, необходим систематически подобранный материал с конкретными ситуациями, в которых нужно применять данную схему.

Кроме схемы ориентировочной основы деятельности учащийся должен иметь общий взгляд на всю систему. Если схема состоит из нескольких шагов, она обозрима, и учащийся в любой момент может оценить, какой этап он выполняет. Если схема слишком сложна, её трудно перевести в умственный план. Тогда есть смысл разбить её на несколько этапов и отработать каждое действие отдельно. Если это невозможно, следует предложить учащемуся ещё и общую достаточно короткую оперативную схему деятельности. Если мы имеем хорошо подготовленных учащихся, то шаги будут более крупными, для менее подготовленных – более дробными, детализированными. В процессе усвоения деятельности ученик делает всё более крупные шаги, пока действие не превратится в один шаг, что и означает, что деятельность усвоена.

Итак, в какой последовательности происходит обучение определённым видам деятельности? Сначала формируется мотивационная основа действия, закладывается отношение учащихся к содержанию деятельности, целям её выполнения. При этом ученики должны обучаться деятельности сознательно, мотивированно, иначе возможны пропуски определённых шагов или даже нежелание запоминать те или иные действия. Деятельность в результате не будет усвоена в умственной форме. Затем составляется ориентировочная основа действия. В ходе усвоения действия эта схема постоянно проверяется и уточняется. Процесс усвоения действия в умственной форме проходит в несколько этапов.

Этап формирования действия в материальной (материализованной) форме. Обучающийся выполняет усваиваемое действие с опорой на внешние представленные компоненты (в материальной или материализованной форме) схемы ориентировочной основы действия. Деятельность производится в любом случаях руками, но в случае материализованной формы объектом служит не сам предмет, а его модель. Необходимость ручных операций зависит от сложности задач и от уровня интеллектуального развития ученика. При достижении определённого уровня он может усвоить операции без материализации, то есть не руками, а глазами.

Этап громкой социализированной речи (внешнеречевая форма). На этом этапе опора на внешне представленные средства постепенно замещается опорой на представленные во внешней речи значения этих средств и действий с их помощью. Речь начинает выступать в качестве основной опоры для выполняемого действия. В качестве внешней речи может выступать также письменная речь.

Этап формирования действия во внешней речи «про себя». На этом этапе происходит постепенное исчезновение внешней, звуковой стороны речи; выполняемое действие остаётся внешним лишь в незначительном количестве ключевых моментов, по которым осуществляется контроль (как внешний, так и внутренний – самоконтроль). Основное же содержание переносится во внутренний, умственный план.

Этап внутренней (скрытой) речи (умственная форма) – заключительный этап.

На этом этапе в сознании остаётся только конечный результат – предметное содержание действия.

Таким образом, для усвоения конкретной деятельности в умственной форме надо предложить учащемуся достаточное количество упражнений (обычно 10–12). Первые несколько упражнений выполняются с опорой на схему деятельности и ориентировочные знания. Затем ученики проговаривают свои действия вслух (например, объясняют свои действия соседу по парте). Ещё несколько упражнений необходимо для самостоятельного выполнения с проверкой промежуточных результатов. И в конце – упражнения для контрольного выполнения.

И ещё один важный момент. Ориентировочная основа действия должна быть составлена самим учеником [18]. При этом опять выделяются все ориентировочные знания, которые необходимы для выполнения деятельности. Деятельность выполняется учителем или учащимися с помощью учителя. Затем, обобщив свой опыт, учащиеся с помощью учителя составляют обобщённую схему деятельности, учатся её конкретизировать и применять в ходе своей дальнейшей деятельности.

Итак, чтобы обучить определённому виду деятельности, необходимы следующие шаги:

1. Выполнять деятельность вместе с учениками, следуя схеме деятельности (ученики со схемой пока не знакомы).

2. Обобщив опыт выполнения деятельности, побудить учащихся к составлению общей схемы деятельности.

3. Создать у учеников мотивацию на усвоение данного вида деятельности.

4. Создать систему упражнений (или запланировать систему уроков) для выполнения учениками данной деятельности.

5. Организовать поэтапное усвоение учащимися данной деятельности.

6. Провести контроль усвоения данной деятельности.

Усвоение некоторых видов деятельности можно организовать в пределах одного урока, включая контроль усвоения. Организация усвоения видов деятельности, связанных с научным методом познания, имеет свои особенности. Подробней об этом – в последующих лекциях.

1.4. Примеры применения теории поэтапного формирования умственной деятельности на уроках физики

1.4.1. Деятельность по распознаванию явления механического движения

Здесь очень важен мотивационный этап, когда перед учащимися ставится проблема, решая которую, они приходят к необходимости не только выполнения определённой деятельности, но и её усвоения.

Пример 1.19.

На демонстрационном столе – легкоподвижная тележка с лежащим на ней бруском. Учитель приводит в движение тележку и говорит: «Мы начинаем сегодня изучать механическое движение. С движением вы постоянно встречаетесь в жизни, поэтому, думаю, для вас не составит труда ответить на вопрос: движется брусок или нет?». Мнения учащихся разделяются. Они спорят, пока кто-то не произносит слово *относительно*. Учитель акцентирует внимание на этом слове и предлагает сформулировать определение. Совместными усилиями ученики под руководством учителя приходят к признакам механического движения для определения понятия о движении: «изменение положения» (*явление, при котором тело изменяет своё положение*). Наконец, формулируется полное определение, и учитель предлагает его записать: «Механическое движение – это изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени». Учитель просит взглянуть на лежащие на каждой парте пару рисунков, поясняет, что это «фотографии», сделанные с небольшой разницей во времени (рис. 1.1), и предлагает определить, движутся ли тела, изображённые на этих рисунках.

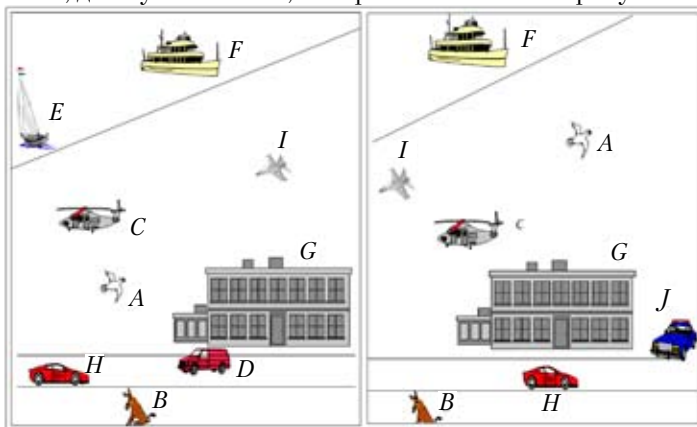


Рис. 1.1. Рисунок-упражнение для усвоения деятельности по распознаванию механического движения

Несколько слов о подборе дидактического материала. Чтобы осуществить все этапы формирования умственной деятельности, необходимо минимум 10–12 упражнений. При этом они не должны быть выстроены в порядке усложнения заданий, так как схемы, которыми пользуются учащиеся, в достаточной степени обобщены. П.Я. Гальперин рекомендует составлять задания, различные по логическим характеристикам (только с необходимыми признаками, с нехваткой признаков, с лишними признаками), психологическим характеристикам (различное соотношение наглядных и понятийных признаков), предметным характеристикам [3]. И порядок таких заданий должен обеспечивать контрастность, психологическую неожиданность, «чтобы всё время держать испытуемого в состоянии высокой интеллектуальной бодрости, бдительности» [18]. Поэтому подготовка дидактики – это отдельная важная часть подготовки к урокам. Подобные системы упражнений, например для 7-го класса, опубликованы [19].

В предложенном наборе заданий (см. рис. 1.1) «провокационным» является то, что «школа» на второй фотографии оказывается смещённой, то есть фотографии сделаны с разных мест. Поэтому ослик (B) и корабль (F) не движутся относительно школы. Однако они движутся относительно других тел (I, C, H). Про тела D, E и J нельзя сказать ничего, так как они есть только на одной картинке.

Итак, учитель предлагает учащимся доказать, что тело A движется. Как правило, это не получается. Тогда учитель предлагает составить план, с помощью которого можно будет легко найти ответ: выделить из определения механического движения его признаки и проверить их наличие в каждой ситуации. Общими усилиями выделяются признаки механического движения:

- 1) есть тело, которое мы примем за тело отсчёта;
- 2) мы знаем начальное положение тела относительно тела отсчёта;
- 3) мы знаем конечное положение тела относительно тела отсчёта;
- 4) начальное и конечное положения разные.

Составляется план:

1. Выделить тело, которое нас интересует.
2. Выделить тело отсчёта.
3. Определить начальное положение тела (расстояние от тела отсчёта и направление).
4. Определить конечное положение.
5. Убедиться, что начальное и конечное положения различны.

Учитель предлагает выполнить эти действия (они записаны в тетради) для тела A . При этом ученики опираются на записанные действия (ученик, по выбору учителя, проговаривает, какие действия он выполняет):

выбирает тело отсчёта и определяет относительно него положения тела *A* на обеих картинках (измеряет расстояния с помощью линейки, то есть в материализованной форме). Аналогичным образом выполняется задание для тела *B*. Затем учитель предлагает определить, движутся ли тела *C* и *D* тем ученикам, которые сидят за партой слева: они должны проговорить свои действия соседу справа, а тот должен оценить правильность выполнения задания. Те, кому план действий уже не нужен, могут закрыть тетради. Во время выполнения двух следующих заданий (*E* и *F*) учащиеся меняются ролями. Ответы сверяются всем классом. На этом этапе тетради уже закрыты. Задание *G* выполняется самостоятельно и молча, сверяются только ответы («Тело ... движется относительно тела ...»).

В дальнейшем такой вид деятельности отрабатывается всякий раз, когда распознавание объекта или явления по определению встречает трудности. Каждый раз производится выделение из определения признаков и проверка их наличия в конкретной ситуации.

1.4.2. Деятельность по распознаванию объекта «насыщенный пар»

Признаки явления или объекта не всегда содержатся в определении. Иногда какое-либо свойство также является необходимым и достаточным признаком. Например, «давление водяного пара при температуре кипения воды равно атмосферному давлению». Поэтому, если в условии задачи сказано, что при температуре 100 °С давление водяного пара составляет 10^5 Па, этот факт является достаточным, чтобы сказать, что пар насыщен.

Вообще, для распознавания насыщенного пара (*объект*) можно выделить несколько признаков. «Пар является насыщенным, если:

1. Пар длительное время сосуществует со своей жидкостью (из определения: «Насыщенный пар – это пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью»). При обсуждении с учащимися можно добавить слова «*в замкнутом пространстве*», поскольку в неограниченно большом сосуде невозможно говорить об установлении равновесия во всём сосуде.

2. Пар находится вблизи поверхности кипящей жидкости (из факта, что кипение происходит, когда давление насыщенного пара становится равным внешнему давлению, а значит, давление пара равно максимально возможному давлению пара, то есть он насыщен).

3. Давление пара не изменяется при изменении его объёма (из научного факта).

4. Значение давления пара равно значению давления насыщенного пара при данной температуре (или если то же известно о его плотности).

5. Влажность воздуха равна 100% (из определения физической величины «влажность»).

В данном случае для утверждения, что пар насыщен, необходимо выполнение хотя бы одного из признаков. Деятельность по распознаванию насыщенного пара достаточно сложна, поэтому её стоит отработать на уроке. Для этого необходимо подобрать 10–12 упражнений или даже количественных задач, которые затем можно решить. Задачи должны содержать в себе различные признаки насыщенного пара или отрицание одного из них.

Приведу несколько таких задач из разных задачников.

1 [20]. Плотность водяного пара при температуре 25°C равна 23 г/м^3 . Насыщенный это пар или ненасыщенный? (*По признаку 4.*)

2 [21]. Почему в морозные дни над полянкой в реке образуется туман? (*По признаку 1, учитывая, что речь идёт о пространстве вблизи жидкости.*)

3. На какую высоту h можно поднять кипящую воду поршневым насосом? Считайте, что вода при подъёме не остывает. (*По признаку 2.*)

4 [22]. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и её пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остаётся неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните. (*По признаку 1.*)

Как показывает опыт, обучение деятельности по распознаванию явления или объекта можно проводить в начале изучения физики. Обобщённая схема деятельности по распознаванию очень проста и логически понятна: выделить признаки (из определения или свойств), проверить наличие данных признаков в конкретной ситуации, сформулировать вывод. Эта схема усваивается учащимися быстро. Поэтому при изучении большинства явлений нет необходимости специально выделять время на выполнение этой деятельности.

Традиционно сложные темы, где требуется планировать такую деятельность, – это равноускоренное и равномерное движение (включая графические методы), изопроецессы (там признаки «спрятаны» в условии, написанном «бытовым» языком). В любом случае помимо сложности темы необходимо ориентироваться и на уровень класса. Сильные учащиеся способны самостоятельно выделить необходимые признаки и, ориентируясь на них, распознать новое явление или объект. Им нужно только помочь систематизировать их знания о явлении или объекте. В слабом классе надо больше времени уделить отработке самой деятельности «подведения под понятие» в данном конкретном случае, так как процесс усвоения деятельности в обобщённом виде для таких учащихся труден.

Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. К каким элементам физического знания относятся следующие понятия и суждения, взятые из учебника [23] для 7-го класса?

а) Величина, характеризующая действие силы в зависимости от площади, на которую она действует, называется давлением. Давление – это отношение силы к площади, на которую перпендикулярно действует сила.

б) Давление жидкостями и газами передаётся во все стороны одинаково.

в) В технике используют разнообразные машины, действие которых основано на законах равновесия и движения жидкостей. Такие машины называются гидравлическими.

г) Во сколько раз площадь поперечного сечения большого поршня больше площади поперечного сечения малого поршня, во столько же раз на больший поршень действует большая сила.

д) Для гидравлической машины выполняется «золотое правило механики».

е) Чем глубже находится слой жидкости, тем больше в нём давление, вызванное действием силы тяжести.

ж) Давление жидкости под действием силы тяжести не зависит от площади дна сосуда, а зависит только от высоты столба жидкости и её плотности.

2. Дайте определения понятий «электростатическая индукция» и «преломление света», которые удовлетворяют структурной схеме 1.2. Укажите в скобках названия структурных элементов, как это сделано в примере 1.5.

3. Найдите в тексте лекции обобщённую схему деятельности по определению понятий. Придумайте 10–12 упражнений для обучения школьников этому виду деятельности. Продумайте мотивационную часть фрагмента урока. Составьте план выполнения упражнений с указанием формы выполнения в соответствии с теорией П.Я. Гальперина поэтапного развития умственных действий.

4. Составьте список признаков для распознавания учениками равномерного движения в тексте условий задач. Включите в список и графические признаки.

Литература

1. *Шмелькова Л.В.* Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования: актуальные вопросы введения. Презентация доклада на заседании Координационного совета по вопросам

организации введения ФГОС ДОО Минобрнауки РФ 27–28 июля 2010 г. – URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=6503>.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. – URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=2588>.

3. Примерные программы основного общего образования. Физика. Естествознание. М.: Просвещение, 2010.

4. Фундаментальное ядро содержания общего образования / Под ред. В.В. Козлова, А.М. Кондакова. М.: Просвещение, 2010.

5. *Анофрикова С.В.* Ключевые компетенции и методика их формирования на уроках физики. Дистанционный курс Педагогического университета «Первое сентября». – URL: <http://edu.1september.ru/distance/16/012>.

6. Методические материалы к составлению программы универсальных учебных действий. Приложение 1. 7 класс. Приложение 2. 8 класс. Приложение 3. 9 класс // Физика в школе. 2011. № 5. Электронное приложение к журналу.

7. *Анофрикова С.В.* Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики. Часть 1. Разработка уроков. М.: МПГУ, 2001. (Первые две главы URL: <http://physclub.ru/anofrikova>.)

8. *Попова О.Н.* Обучение учащихся выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами: Методическое пособие для учителей физики. Элиста: Элистинский лицей, 1998.

9. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н.* Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2005.

10. *Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Е.* и др. Физика: Учебник для 10 классов с углубл. изучением физики. М.: Просвещение, 2002.

11. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 2. М.: Наука, 1990.

12. *Пёрышкин А.В.* Физика. 8 класс: Учебник для общеобразоват. учеб. заведений. М.: Дрофа, 2002.

13. *Пёрышкин А.В.* Физика. 7 класс: Учебник для общеобразоват. учеб. заведений. М.: Дрофа, 2001.

14. Физический энциклопедический словарь / Под общ. ред. акад. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1984.

15. Энциклопедия для детей. Т. 4. Геология. 2-е изд. М.: Аванта+, 2002. С. 667.

16. ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.

17. *Гальперин П. Я.* Лекции по психологии: Учебное пособие для студентов вузов. М.: Книжный дом «Университет»: Высшая школа, 2002.

18. *Талызина Н.Ф.* Педагогическая психология: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений. М.: Академия, 1998.

19. *Прояненко Л.Я., Стефанова Г.П., Крутова И.А.* Сборник задач и упражнений по физике. 7 класс. К учебнику С.В. Громова, Н.А. Родиной «Физика. 7 класс». М.: Экзамен, 2006.

20. *Рымкевич А.П.* Физика. Задачник. 10–11 кл.: Пособие для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2006.

21. *Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А.* 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. М.: Илекса, 2001.

22. ЕГЭ-2010. Физика: сборник экзаменационных заданий / Авт.-сост. М.Ю. Демидова, И.И. Нурминский. М.: Эксмо, 2010.

23. *Пинский А.А., Разумовский В.Г., Дик Ю.И.* и др. Физика и астрономия: Учебник для 7 класса общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2001.

Лекция 2

Обучение деятельности по «открытию» эмпирических законов

Введение

В предыдущей лекции мы с учётом ФГОС выделили категории образовательных результатов (формируемые элементы физического знания и виды деятельности, см. лекцию 1, табл. 1.2), которые всегда связаны с экспериментальной деятельностью учащихся на уроках (законы, физические явления, физические величины), и определили связанные с ними понятия. Очевидно, что с учётом новых требований к организации уроков учитель должен спроектировать обучение всем элементам физического знания в рамках системно-деятельностного подхода, а не в виде рассказа или инструкции к выполнению лабораторной работы. Рассмотрим обстоятельнее деятельность по «открытию» закона. В контексте наших лекций понятие «закон» («эмпирический физический закон») подразумевает получение школьниками экспериментального закона, то есть приобретение учащимися знаний и умений в результате целенаправленной деятельности по выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами. Существуют хорошо известные учителям виды деятельности, для которых знания о физическом законе являются опорными. Это *деятельность по распознаванию закона и деятельность по воспроизведению* знаний о законе.

Первый представляет собой: распознавание ситуации, в которой имеет место устойчивая связь между физическими величинами (при решении качественных и количественных задач); распознавание условий применимости закона; распознавание математической записи закона. Второй – воспроизведение формулировки закона, запись уравнения, выражающего связь между физическими величинами в конкретной ситуации; создание условий, при которых применим данный закон. Эти виды деятельности более-менее знакомы учителям физики. Новой деятельностью, которой предлагается обучать школьников на уроках физики, является деятельность по «открытию» закона. Как организовать обучение этой деятельности с учетом ФГОС? Каково содержание этой деятельности? На эти вопросы мы постараемся ответить во второй лекции.

2.1. Формулирование целей урока с учётом «деятельностного подхода» [1]

Новыми результатами обучения в соответствии с ФГОС должны быть *умения пользоваться методами* научного исследования явлений природы и обнаруживать зависимости между физическими величинами. Это возможно только при преобразовании обычной фронтальной работы в исследование, цель которого (в идеальном случае) самостоятельно формулирует и достигает ученик [2].

Любая деятельность человека всегда направлена на конечный результат. Цель деятельности по созданию нового знания формулируется в виде познавательной задачи (ПЗ). Для достижения цели человек разрабатывает программу своей деятельности, а по её завершении оценивает результаты и вносит коррективы в разработанную программу. Деятельность учителя на уроке также должна иметь цель. При работе в рамках деятельностного подхода конечным продуктом деятельности учителя на уроке является «получение» (термин С.В. Анофриковой) учащихся, усвоивших определённые знания или освоивших определённые виды деятельности. Поэтому цели урока в рамках деятельностного подхода формулируются следующим образом:

Образовательные цели: «получение» учащихся, усвоивших следующие знания:

- 1) ...
- 2) ...

Цели по развитию: «получение» учащихся, овладевших следующими видами деятельности:

- 1) ...
- 2) ...

В соответствии с формулировкой цели анализируется и результат урока. Образцы формулирования целей урока будут приводиться ниже в примерах сценариев и фрагментов уроков.

2.2. Учебные ситуации «открытия» экспериментального закона. Выдвижение гипотез

Эмпирические законы могут связывать между собой физические величины, характеризующие как интенсивность явления или взаимодействия, так и свойства объектов и условия их взаимодействия. В зависимости от исходной ситуации можно сформулировать различные ПЗ, при решении которых и выявляются искомые связи [3].

Под исходной ситуацией будем здесь понимать такую ситуацию, созданную учителем на уроке, в которой обнаруживается, что некая физическая величина (например, физическая величина A) может при-

нимать различные значения. Исходная ситуация должна быть сформулирована учителем, в результате чего возникает предпосылка для выдвижения учащимися предположений о том, почему, собственно, так может происходить. Учитель или учащиеся (если такой процесс происходит не впервые) формулируют ПЗ, решая которую можно получить искомые связи между физическими величинами, то есть «открыть» экспериментальный закон. Формулировка ПЗ кратко выглядит так: «От каких физических величин, характеризующих ..., зависит физическая величина A ?»

В ответ на ПЗ выдвигаются гипотезы. Иногда ситуация настолько очевидна, что учащиеся могут сделать это самостоятельно. Однако для уверенности в полноте выдвигаемой системы гипотез учителю следует руководствоваться некоторыми соображениями. Тогда, при необходимости, он может задать наводящий вопрос или обратить внимание учащихся на некоторые аспекты, которые следует принять во внимание.

Соображения эти зависят от той физической величины, с рассмотрением которой связана исходная ситуация. Если речь идёт о физической величине, характеризующей *свойства некоторого объекта*, то естественно предположить, что её значение может зависеть от других физических величин, характеризующих тот же *объект*. Если же речь идёт о физической величине, характеризующей *интенсивность явления или взаимодействия*, то в соответствии со структурной схемой понятия о физическом явлении (см. рис. 1.3 в лекции 1) существенными факторами, определяющими интенсивность явления, являются и свойства *объектов*, участвующих в явлении (МО-I – объект, с которым происходит явление, и МО-II – воздействующий объект в структурной схеме), и *условия их взаимодействия*. Именно с этими факторами можно связывать искомые гипотезы.

Примеры иллюстрируют процесс формулирования ПЗ в ответ на исходную ситуацию, ориентирующие соображения, которые необходимо принять во внимание в каждом конкретном случае, а также выдвигаемые гипотезы.

Пример 2.1. Формулирование ПЗ для «открытия» закона Ома.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сила тока, протекающая через резистор, принимает различные значения.

Ориентирующие соображения. Сила тока – физическая величина, характеризующая интенсивность протекания электрического тока в цепи. Электрический ток – это явление упорядоченного перемещения заряда (упорядоченного движения заряженных частиц) под действием электрического поля в проводнике.

Формулировка ПЗ. От каких физических величин, характеризующих электрическое поле в проводнике и свойства самого проводника, зависит сила тока через резистор?

Гипотеза. Сила тока может зависеть от напряжения на резисторе (характеристика воздействующего объекта).

Комментарии. Учащиеся, формулируя ПЗ, почти всегда предлагают исследовать зависимость силы тока от свойств проводника. Но дело в том, что на момент «открытия» закона Ома мы не знаем никаких физических величин, характеризующих электрические свойства проводника, на что и следует указать учащимся. А вот когда закон будет открыт и встанет вопрос о том, что же характеризует коэффициент пропорциональности, следует вспомнить об этой гипотезе и предположить, что коэффициент пропорциональности будет характеризовать свойства проводника. Такая же ситуация возникает каждый раз при «открытии» законов, в которых в качестве коэффициента пропорциональности стоят физические величины, характеризующие пока неизвестные свойства объекта (удельная теплота плавления, парообразования, удельное сопротивление и т.д.).

Пример 2.2. Формулирование ПЗ для «открытия» закона зависимости сопротивления проводника от его длины и площади сечения.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сопротивления различных проводников имеют разные значения.

Ориентировочные знания. Сопротивление проводника характеризует его электрические свойства.

Формулировка ПЗ. От каких других физических величин, характеризующих проводник, зависит его сопротивление?

Гипотеза. Сопротивление может зависеть от длины проводника, площади его сечения (диаметра) (характеристики объекта).

Комментарии. Иногда учащиеся выдвигают предположение, что сопротивление проводника зависит от его формы. Хотя единой физической величины, характеризующей форму, нет, но проверить такую гипотезу можно довольно легко (изменить форму гибкого проводника). Полученный результат (сопротивление проводника не зависит от его формы) будет являться научным фактом.

Пример 2.3. Формулирование ПЗ для «открытия» закона Кулона.

Исходная ситуация. Обнаружено, что сила взаимодействия между различными электрически заряженными телами принимает разные значения.

Ориентировочные знания. Сила взаимодействия характеризует интенсивность взаимодействия двух заряженных тел.

Формулировка ПЗ. От каких физических величин, характеризующих заряженные тела и условия их взаимодействия, зависит сила взаимодействия между ними?

Гипотеза. Сила взаимодействия может зависеть от зарядов тел (характеристики объектов) и от расстояния между ними (условия взаимодействия).

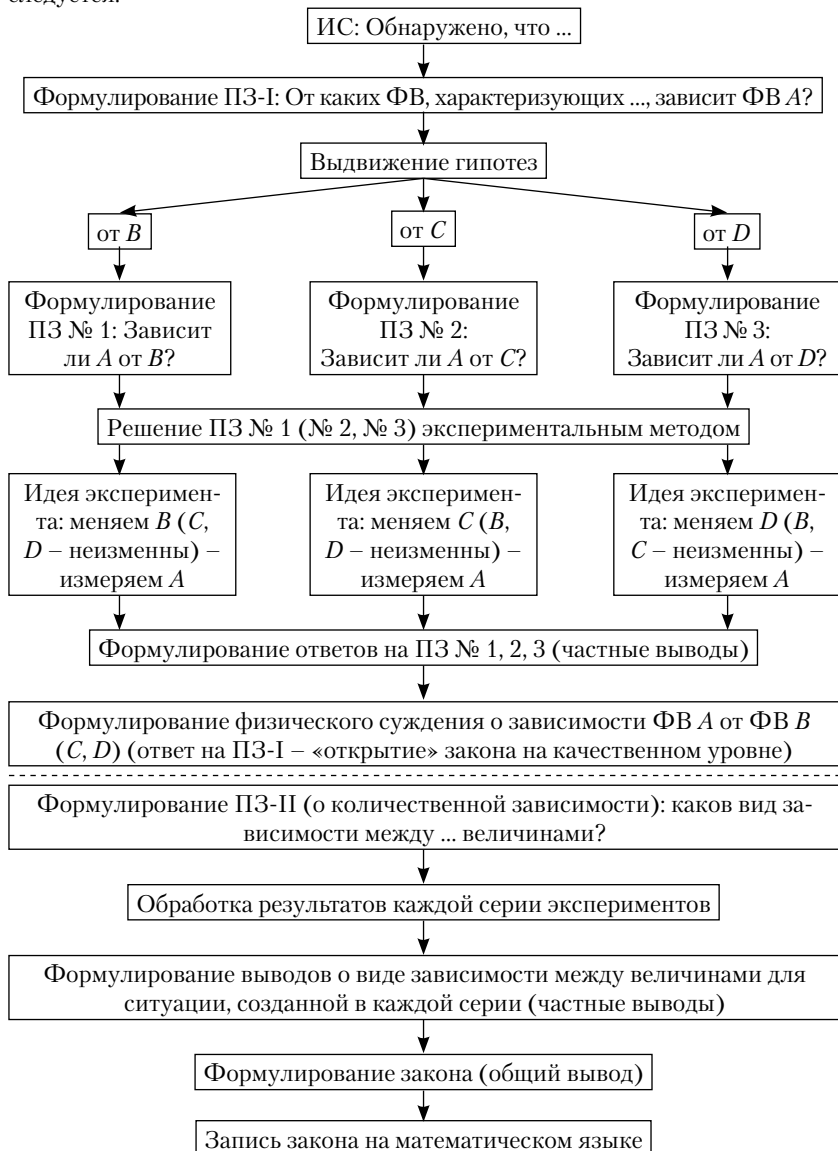
2.3. Обобщённая схема деятельности по «открытию» закона

Ниже приведена обобщённая схема деятельности по «открытию» закона на эмпирическом уровне (схема 2.1). Школьники постепенно в процессе изучения физики с 7-го класса знакомятся с этой схемой, участвуют в её «строительстве», привыкают работать в соответствии с выделенными этапами экспериментальной деятельности. Первые шаги проиллюстрированы выше: формулирование ПЗ и выдвижение гипотез. На них должно быть затрачено примерно 5–10 минут при хорошей подготовке школьников. Каждая из предложенных гипотез должна быть проверена экспериментально. Поэтому для каждой формулируется (учителем или учениками в зависимости от подготовки) частная ПЗ – № 1, 2, 3 (в отличие от общих, например ПЗ-1). Так как ни один экспериментальный физический закон не формулируется по результатам только одного эксперимента, для проверки каждой гипотезы проводится серия экспериментов (в обобщённой схеме эта деятельность пошагово не рассматривается). В схеме 2.1 указаны только идеи экспериментов по проверке гипотез: в каждой серии фиксируются все условия кроме одного, влияние которого на результат и проверяется. Решением каждой из частных ПЗ является частный вывод. Результат решения общей ПЗ – обобщение этих выводов.

До сих пор речь шла о формулировании общей ПЗ для получения закона на качественном уровне: зависит или не зависит физическая величина A от других физических величин. После того как эта ПЗ решена, может быть задан второй вопрос: каков вид зависимости физической величины A от другой физической величины B ? Ответ на эту ПЗ можно дать, построив график зависимости A от B . Схема разделена горизонтальным пунктиром на две части, так как в некоторых случаях школьная программа ограничивается констатацией справедливости закона на качественном уровне (научного факта). Иногда в силу ограниченности экспериментальной базы или из других соображений учитель также может ограничиться получением научного факта.

«Открытие» закона

Принятые сокращения: ИС – исходная ситуация; ПЗ – познавательная задача; ФВ – физическая величина; А – физическая величина, поведение которой исследуется.



Например, при изучении закона Кулона трудно получить несколько точек на кривой зависимости силы взаимодействия от расстояния. С помощью чувствительных весов можно получить лишь две точки: для двух расстояний, различающихся вдвое. В таком случае можно сделать вывод о том, что с уменьшением расстояния между взаимодействующими шариками сила взаимодействия увеличивается. Можно также предположить, что сила может быть обратно пропорциональна квадрату расстояния. Однако общий вывод не может быть сделан – вместо серии экспериментов мы имеем один, а вместо графика зависимости – только две точки. Но если учащиеся уже освоили деятельность по «открытию» закона в тех случаях, когда проблем с организацией серий экспериментов и получением достаточного количества точек на экспериментальных кривых в каждой серии нет, то после проведённого «усечённого» эксперимента вполне можно обратиться к описанию исторического опыта Кулона или к виртуальному эксперименту. В 8-м классе для констатации качественного вывода об увеличении силы взаимодействия между заряженными телами с уменьшением расстояния можно провести простейшие серии экспериментов: каждый ученик проводит опыт с разными заряженными телами (палочками, гильзами, султанами и т.д.).

При использовании данной схемы на «открытие» закона уходит обычно один урок – урок объяснения нового материала. Затраченное время определяется не только активностью класса, но и условиями конкретных экспериментов. Если проведение эксперимента требует много времени, ему можно посвятить весь урок, дав задание на дом построить график, а вывод сформулировать на следующем уроке. Приёмы, позволяющие экономить время урока, рассмотрены ниже.

2.4. Практика применения обобщённой схемы

Ниже приведена последовательность организации деятельности учащихся, которая конкретизирует «открытие» четырёх законов. Прочитайте внимательно предлагаемую последовательность.

Закон 1. Зависимость массы однородных тел от объёма.

ИС. Обнаружено, что масса тел разная.

Формулирование ПЗ-1. От каких ФВ, характеризующих тело, может зависеть его масса?

Выдвижение гипотез.

1) От объёма.

2) От вещества, но мы не знаем ФВ, характеризующих вещество.

Формулирование частных ПЗ (№ 1, 2, ...). ПЗ № 1. Зависит ли масса тел от их объёма?

Идея эксперимента. Серия № 1. Берём тела из одного вещества, но разного объёма; измеряем объём и массу.

Решение ПЗ экспериментальным методом. Фронтальный эксперимент. Разные группы исследуют тела из разных веществ. Серия одна, экспериментов – несколько.

Формулирование частных выводов. Масса тел из алюминия зависит от их объёма. Масса тел из стали зависит от их объёма. Масса тел из дерева зависит от их объёма.

Формулирование закона на качественном уровне. Масса тел из однородного вещества зависит от их объёма.

Формулирование ПЗ-II. Каков вид зависимости массы тел от объёма для каждого вещества?

Обработка результатов каждой серии. Построение графика зависимости массы от объёма (для каждого вещества отдельно). На доске – все зависимости на одном графике.

Формулирование частных выводов. Массы тел из алюминия прямо пропорциональны их объёмам. Массы тел из стали прямо пропорциональны их объёмам. Массы тел из дерева прямо пропорциональны их объёмам.

Формулирование общего вывода (закона). Массы тел из однородного вещества прямо пропорциональны их объёму.

Математическая запись закона. $m \sim V$.

Закон 2. Зависимость периода колебаний нитяного маятника от длины нити.

ИС. Обнаружено, что различные нитяные маятники имеют разные значения периода колебаний.

Формулирование ПЗ-I. От каких ФВ, характеризующих маятник и условия возбуждения колебаний, зависит период колебаний?

Выдвижение гипотез.

- 1) От массы груза.
- 2) От длины нити.
- 3) От амплитуды колебаний.

Формулирование частных ПЗ (№ 1, 2, ...).

ПЗ № 1. Зависит ли период колебания маятника от массы груза?

ПЗ № 2. Зависит ли период колебания маятника от длины нити?

ПЗ № 3. Зависит ли период колебания маятника от амплитуды колебаний?

Идея эксперимента.

Серия № 1. На одной и той же нити подвешиваем грузы различной массы; измеряем массу каждого груза и период колебаний.

Серия № 2. Подвешиваем один и тот же груз к нитям различной длины; измеряем длину каждой нити и период колебаний.

Серия № 3. Запускаем один и тот же маятник с различной амплитудой; измеряем амплитуду и период колебаний.

Решение ПЗ экспериментальным методом. Эксперимент серии № 3 выполняется демонстрационно, эксперименты серий № 1 и № 2 – фронтально. У разных групп маятники с грузами разной массы или на нитях разной длины.

Формулирование частных выводов. При длине нити 15 см (...) период колебаний не зависит от массы груза. При массе груза 127 г (...) период колебаний зависит от длины нити. Для маятника, расположенного на доске, период колебаний не зависит от амплитуды при амплитудах менее 10°.

Формулирование закона на качественном уровне. Период колебаний нитяного маятника зависит от длины нити. Период колебаний нитяного маятника не зависит от массы груза – научный факт (НФ). Период колебания нитяного маятника при малых колебаниях не зависит от амплитуды колебаний (НФ).

Формулирование ПЗ-II. Каков вид зависимости периода колебаний от длины нити?

Обработка результатов каждой серии. Трёх-четырёх точек для графика зависимости маловато, можно провести ещё один эксперимент демонстрационно с обработкой результатов на компьютере. График перестраивается в координатах T от $\sqrt{\ell}$.

Формулирование частных выводов. Для данного маятника период колебаний прямо пропорционален корню из его длины.

Формулирование общего вывода (закона) (после рассказа учителя о повторяемости результатов). Период колебаний нитяного маятника прямо пропорционален корню квадратному из длины нити.

Математическая запись закона. $T \sim \sqrt{\ell}$.

Закон 3. Зависимость разности между начальной и конечной температурами тела при нагревании от количества подведённого тепла и массы тела.

ИС. Обнаружено, что различные тела нагреваются по-разному.

Формулирование ПЗ-I. От каких ФВ, характеризующих условия теплообмена и свойства нагреваемого тела, зависит разность между его начальной и конечной температурами?

Выдвижение гипотез.

1) От времени горения спиртовки (от количества теплоты).

2) От массы тела.

Формулирование частных ПЗ (№ 1, 2, ...).

ПЗ № 1. Зависит ли разность температур от времени горения спиртовки?

ПЗ № 2. Зависит ли разность температур от массы нагреваемого тела?

Идея эксперимента.

Серия № 1. Нагреваем массу воды; измеряем температуру через равные интервалы времени.

Серия № 2. Нагреваем разные массы воды в течение одного и того же времени (одинаковое количество теплоты); измеряем температуру через равные интервалы времени.

Решение ПЗ экспериментальным методом. Выполняется демонстрационно. Четыре одинаковых спиртовки, четыре стакана с разным количеством воды (разная масса). Температура фиксируется каждые полминуты одновременно в каждом стакане.

Формулирование частных выводов. Могут не формулироваться – известно из бытового опыта. Разность между начальной и конечной температурами воды массой 20 г при нагревании зависит от времени нагревания (количества теплоты). Разность между начальной и конечной температурами воды при нагревании в течение 2 мин (3 мин, ...) зависит от массы воды.

Формулирование закона на качественном уровне. Разность между начальной и конечной температурами тела при его нагревании зависит от переданного количества теплоты и массы самого тела.

Формулирование ПЗ-II. Каков вид зависимости разности между начальной и конечной температурами тела при его нагревании от количества переданной телу теплоты и массы тела?

Обработка результатов каждой серии. Зависимость разности между начальной и конечной температурами тела от времени нагревания строят учащиеся. Зависимости от массы – на доске. График перестраивается в зависимость разности температур от величины, обратной массе. Погрешности по горизонтальной оси не вычисляются.

Формулирование частных выводов. Разность между начальной и конечной температурами воды при её нагревании прямо пропорциональна полученному ею количеству теплоты. Разность температур, возможно, обратно пропорциональна массе тела.

Формулирование общего вывода (закона) (после рассказа учителя о повторяемости результатов). Разность между начальной и конечной температурами тела при его нагревании прямо пропорциональна

полученному количеству теплоты и обратно пропорциональна массе тела.

$$\text{Математическая запись закона. } \Delta t \sim \frac{Q}{m}.$$

Закон 4. Законы фотоэффекта.

ИС. Обнаружено новое явление – фотоэффект, причём величина фототока может быть различной.

Формулирование ПЗ-1. От каких ФВ, характеризующих свойства взаимодействующих объектов (металла и света), а также от каких условий эксперимента зависит фототок (скорость изменения заряда)?

Выдвижение гипотез.

- 1) От интенсивности света.
- 2) От длины волны света.
- 3) От напряжения на электродах.
- 4) От материала – но не можем проверить.

Формулирование частных ПЗ (№ 1, 2, ...).

ПЗ № 1. Зависит ли фототок от напряжения, прикладываемого к электродам?

ПЗ № 2. Зависит ли фототок от длины волны света?

ПЗ № 3. Зависит ли фототок от интенсивности падающего света?

Идея эксперимента.

Серия № 1. Снимаем ВАХ фотоэлемента: изменяем напряжение на электродах и измеряем силу фототока. Выясняем, что ВАХ характеризуется двумя ФВ, о которых мы раньше не знали: фототоком насыщения и запирающим напряжением. Корректируем ПЗ № 2 и № 3.

Серия № 2. Снимаем ВАХ фотоэлемента для света разной длины волны; измеряем силу фототока насыщения и запирающее напряжение.

Серия № 3. Снимаем ВАХ фотоэлемента для света одной длины волны; изменяем интенсивность, измеряем силу фототока насыщения.

Решение ПЗ экспериментальным методом. Виртуальный эксперимент. После построения ВАХ обсуждаются особенности графика, корректируются ПЗ № 2 и № 3. Формулируются ПЗ № 4 и № 5 о зависимости величины запирающего напряжения от длины волны и интенсивности освещения.

Формулирование частных выводов. Сила фототока зависит от приложенного напряжения. При больших напряжениях наблюдается эффект насыщения фототока. При изменении полярности напряжения фототок обращается в нуль при определённом значении напряжения – *запирающем напряжении*. Фототок насыщения не зависит от длины волны, но зависит от интенсивности света. Величина запирающего на-

пряжения зависит от длины волны падающего света и не зависит от его интенсивности.

Формулирование закона на качественном уровне. Поскольку эксперимент фактически один, выводы уже сформулированы. Учитель должен рассказать об экспериментах А.Г. Столетова, чтобы было основание для обобщения выводов.

Формулирование ПЗ-П. Каков вид зависимости фототока насыщения от интенсивности освещения? Каков вид зависимости запирающего напряжения от длины волны?

Обработка результатов каждой серии. Строятся графики зависимостей (можно в программе MS Excel). График зависимости от длины волны перестраивается в график зависимости от частоты света.

Формулирование частных выводов. Сила фототока насыщения прямо пропорциональна интенсивности света. Величина запирающего напряжения линейно зависит от частоты света.

Формулирование общего вывода (закона) (после рассказа учителя об исторических опытах). Сила фототока насыщения прямо пропорциональна интенсивности света; величина запирающего напряжения линейно зависит от частоты света.

Математическая запись закона. $I \sim W; U_3 = av + b.$

Мы уверены: внимательный читатель заметил, что при изучении перечисленных законов на уроках решаются различные методические задачи. Так, при изучении зависимости массы тел от объёма схема конкретизируется полностью, проводится несколько серий экспериментов, возможно также использование экспериментов с жидкостью одной из групп учащихся. Учащиеся строят графики по группам, затем проводят обобщение результатов.

При изучении тепловых явлений в 8-м классе нагревание на спиртовке может проводиться только в присутствии учителя, поэтому эксперименты – демонстрационные: назначаются регистраторы результатов, результаты выписываются на доске. Использование дополнительных установок, например для опытов с маслом (другая жидкость), приводит к увеличению времени, требующегося для изучения темы, а большое количество точек на графике и необходимость перестроения графика зависимости разности температур от массы в других координатах (от величины, обратной массе) удлиняют время, отводимое на обработку результатов. Поэтому учителю проще остановиться только на одной серии опытов – с водой. Если обучение «открытию» законов проводится с 7-го класса, то учащиеся уже знают, что для обобщения результатов необходимы другие серии опытов, поэтому достаточно рассказа учителя

о том, что такие опыты проводились и приводили к тому же результату, или демонстрации дополнительных экспериментальных данных, полученных заранее.

При изучении в 9-м классе нитяного маятника для сокращения времени, отводимого под эксперименты, каждая пара учащихся проводит определение периода колебаний только одного маятника. Затем все результаты сводятся в общую таблицу (табл. 2.1). В результате за один урок удаётся получить все зависимости.

Таблица 2.1

Определение периода колебаний маятника

Груз	Длина нити			
	20 см	30 см	40 см	50 см
Латунный цилиндр $m = 163$ г	0,92 с			
Стальной цилиндр $m = 148$ г				
Алюминиевый цилиндр $m = 53$ г				

Вопрос времени является немаловажным. Многие учителя отказываются от проведения исследовательского эксперимента именно в силу того, что он связан с большими затратами времени на подготовку и проведение. Обобщённая схема деятельности помогает сократить время на подготовку, в том числе на мотивационный период урока, а правильное распределение экспериментов по группам учащихся помогает сократить время работы. Например, получение закона зависимости массы от объёма займёт всего один урок, если предварительно на лабораторных работах «Измерение объёма твёрдого тела» и «Измерение массы тела на рычажных весах» школьники измеряли параметры тех тел, данные для которых подойдут для выяснения зависимости массы от объёма. Каждая пара учащихся получает при этом разные тела (их названия написаны на специальном листке-задании) и записывает в свои тетради названия этих тел и измеренные значения массы или объёма. На уроке изучения закона остаётся только вынести на доску значения масс и объёмов для каждой серии опытов (отдельные таблицы для тел из дерева, из стали, из алюминия).

Очень помогают в проведении таких уроков компьютер и проектор. На первых порах, когда школьники только учатся строить графики, учитель имеет возможность выводить на экран последовательные этапы построения графика: экспериментальные точки, точки с отложенными значениями погрешностей, график с экспериментальными точками и

прямой. Если эти графики появляются на экране в тот момент, когда большая часть класса уже выполнила данный этап работы, учащиеся освобождаются от лишних сомнений, отстающие убеждаются, что у них уже почти всё получилось, а учитель получает время для того, чтобы подойти к тем, кому требуется помощь. Такие графики легко выполнить в программе MS Excel, примеры приведены ниже в сценариях уроков.

В 11-м классе при изучении законов фотоэффекта есть сложности в проведении натурального эксперимента, поэтому его лучше заменить виртуальным. Всю обработку можно также провести на компьютере, а можно просто остановиться на формулировке закона на качественном уровне, а дальше перейти к интерпретации фотоэффекта в квантовой физике, вернувшись к зависимостям после изучения уравнения Эйнштейна. На качественной зависимости можно остановиться и при исследовании нитяного маятника.

Встречается и обратная ситуация, когда закон на качественном уровне уже известен учащимся или просто очевиден. Например, хорошо известно, что тело при равномерном движении проходит тем больший путь, чем дальше оно двигается. В таких случаях имеет смысл формулировать сразу ПЗ для получения закона на количественном уровне: «Каков вид зависимости пройденного телом пути от времени при равномерном движении?» После освоения обобщённой схемы деятельности учащиеся часто сами формулируют частные ПЗ: «Зависит ли величина A от B , и если да, то каков вид зависимости?»

Подобная же обобщённая схема может использоваться и для открытия научного факта. Если внимательно проанализировать определения научного факта и закона, данные в лекции 1, то можно заметить, что чёткой границы между этими понятиями нет. Если закон представляет собой связи и отношения между физическими величинами, то в научном факте в принципе речь может идти и о физических величинах. Ведь отсутствие зависимости периода колебаний нитяного маятника от массы груза можно трактовать как общее свойство нитяных маятников. По-видимому, этот факт дает автору [4] право называть закон на качественном уровне научным фактом. Если придерживаться этого мнения, то все научные факты, если речь идёт о некоторой физической величине, характеризующей то или иное свойство определённого множества объектов, можно «открывать», используя ту же обобщённую схему 2.1. Другие же научные факты так разнообразны, что обучать их получению нет смысла. Многие из них «открываются» при создании понятия о физическом явлении, некоторые при создании понятия об объекте (как, например, при выяснении условий, при которых возможна конвекция, или при изучении свойств проводников).

2.5. Примеры организации деятельности учащихся на уроках по «открытию» закона

Организация усвоения нового вида деятельности всегда происходит поэтапно [5]. На *первом* этапе учащиеся с помощью учителя накапливают материал для обобщений (в соответствии с обобщённой схемой 2.1 «открывают» несколько законов). На *втором* этапе учитель побуждает их найти общий путь решения подобных задач (согласно схеме, это – формулирование гипотез и ПЗ). На *третьем* этапе дети учатся конкретизировать схему действий для решения других конкретных экспериментальных задач (для «открытия» других законов). Начиная с этого момента и происходит, собственно, основное усвоение новой деятельности: сначала на этапе формирования действия в материализованной форме (с опорой на схему), затем на внешнеречевом этапе, затем на внутреннеречевом и т.д. На основе систем ПЗ можно построить весь процесс обучения. Подробней организацию курса и создание систем ПЗ мы обсудим в последующих лекциях.

Важно, что на первых уроках, нацеленных на организацию деятельности учащихся по «открытию» эмпирического закона, только учитель ориентируется на обобщённую схему деятельности, побуждая учащихся к необходимым шагам. Поскольку последовательность шагов достаточно логична, учащиеся в основном догадываются о последовательности действий. Этому помогают и чётко сформулированные вопросы учителя. Первый сценарий урока из приведённых в качестве примеров в этом разделе описывает как раз такую ситуацию. Деятельность по «открытию» закона учащимся ещё неизвестна. Перед сценарием сформулированы цели урока в соответствии с соображениями, приведёнными в п. 2.1.

Второй пример – сценарий урока, на котором шаги схемы конкретизируются уже самими учащимися (обобщённая схема 2.1 лежит перед ними). Учитель только ведёт урок, отмечая этапы и побуждая учащихся двигаться в нужном направлении: «Каков наш следующий шаг? Какую программу эксперимента предлагаете? Приступаем к экспериментам, у вас 10 минут» – и т.д. Он формулирует лишь исходную ситуацию. Такой ход урока может осуществляться как с опорой на схему, так и без схемы, если деятельность учащимися уже усвоена. Данный урок базируется на деятельности учащихся, когда у многих из них произошла свертка обобщённой схемы, её переход на мыслительный уровень, и её элементы / этапы осуществляются автоматически.

Пример 2.4. Сценарий урока «Исследование зависимости массы тела от его объёма».

Предыстория урока и методические заметки. К моменту проведения данного урока учащиеся уже «открыли» с помощью учителя закон равно-

мерного движения (путь при равномерном движении прямо пропорционален времени движения). Поэтому они уже знакомы с термином «ПЗ», имеют небольшой опыт построения графика по экспериментальным точкам (но необходимый масштаб определяли только с помощью учителя). Также учащиеся обучены давать определение понятиям в соответствии со схемой 1.1), то есть имеют навыки формализации эмпирического знания.

За несколько уроков до этого учащиеся познакомились с понятиями «единичное суждение», «частное суждение», «общее суждение» на следующем примере: «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с рукой», «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с песком на столе», «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии со столом (но только через более длительное время)», – это единичные суждения. Делая вывод, мы можем обобщить суждения, заменив слова «рука», «песок», «стол» более общим понятием «тело»: «тележка может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом». Это будет частное суждение. Имея другие частные суждения: «мяч может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом», «автомобиль может изменить свою скорость при взаимодействии с другим телом», – мы можем составить общее суждение, в котором уже не будет указаний на конкретное тело, т.е. будет достигнута максимальная степень обобщения: «тела могут изменять свою скорость при взаимодействии с другими телами». Учащиеся имели возможность потренироваться в нахождении единичных, частных и общих суждений в тексте учебника.

Несколькими уроками ранее при определении массы учитель обратил внимание учащихся на тот факт, что разные тела имеют разную массу и предложил решить ПЗ «От каких физических величин, характеризующих тело, может зависеть его масса?». Учащиеся предложили две гипотезы: «от объёма» и «от вещества, из которого изготовлено тело». Учитель предложил проверить первую гипотезу. Для этого пришлось «придумать» способ измерения объёма твёрдых тел, который можно было бы использовать и для тел неправильной формы. В качестве мотивационного момента учитель использовал легенду об Архимеде. На следующем уроке была проведена лабораторная работа по определению объёма твёрдых тел. Однако в качестве цели лабораторной работы была поставлена задача проверить гипотезу о зависимости массы тел от объёма. Каждая бригада учащихся получила набор из трёх тел известной массы, причём два тела были из одного вещества. Измерив объём, учащиеся должны были сделать вывод о верности гипотезы, правильно выбрав для сравнения два тела из одного материала.

Я использую на таком уроке как обычную рабочую тетрадь, в которой учащиеся ведут записи в ходе урока, так и тетрадь для лабо-

раторных работ – «лабораторный журнал». Формулировки исходной ситуации, ПЗ, гипотезы ученики записывают в обычной тетради. А в лабораторном журнале работают при выполнении эксперимента. Во время исследовательского эксперимента ученики пишут только название эксперимента, записывают таблицу, вклеивают график и делают вывод, а затем возвращаются к работе в обычной тетради. Это даёт мне возможность оценить экспериментальную работу учащегося на уроке. На данном уроке я оцениваю правильность построения графика (наличие равномерной шкалы, правильное расположение точек) и вывод. В конце учебного года при самостоятельном выполнении работы оцениваются и другие умения, в том числе формулирование цели эксперимента, наличие схемы и т.д.

Образовательная цель: подготовить учащихся, усвоивших знания:

- масса однородных тел из одного вещества прямо пропорциональна их объёму;
- плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму (массе тела единичного объёма);
- единица плотности – $\text{кг}/\text{м}^3$ или $\text{г}/\text{см}^3$.

Цель по развитию учащихся: подготовить учащихся, овладевших видами деятельности:

- выявлять устойчивую связь между массой однородных тел из одного вещества и их объёмом;
- создавать понятие о физической величине «плотность»;
- получать единицу плотности (то есть самостоятельно определить её для новой величины).

Оборудование: цилиндры мерные; те же тела, что использовались на предыдущих уроках (см. предысторию урока *выше*) для взвешивания и определения объёма. Мультимедиапроектор, компьютер, листы миллиметровой бумаги на каждого ученика.

Ход урока

Действия (объяснения, вопросы, выводы) учителя	Действия (ответы) учащихся
1	2
Актуализация знаний и действий (5 мин)	
Значения каких физических величин мы научились определять на предыдущих уроках?	– Мы научились определять значения массы и объёма тела.

1	2			
Дайте определение этих физических величин. С помощью каких приборов можно определить значения этих величин?	<i>Отвечают.</i>			
Какую познавательную задачу (ПЗ) мы поставили перед собой на прошлом уроке?	<i>Называют общую ПЗ и частную ПЗ: «Зависит ли масса тела от его объёма?».</i>			
Отвечали ли мы на частную ПЗ?	<ul style="list-style-type: none"> – У меня тела одного объёма имели разную массу. – Может быть, надо сравнивать тела из одного вещества? Ведь мы ещё предполагали, что масса тел зависит от вещества, из которого оно сделано. Но у меня были только два тела из одного вещества. 			
Организация деятельности учащихся по получению закона на качественном уровне (5 мин)				
Я списала полученные вами значения масс и объёмов тел и сгруппировала их по веществам. Результаты на доске. Можете ли вы теперь ответить на нашу ПЗ?	– Да. Для каждого вещества можно сказать, что чем больше объём тела, тем больше его масса.			
Вариант 1, сталь				
Тело	m , г	Δm , г	V , см ³	ΔV , см ³
Цилиндр стальной большой	242,8	0,4	30	2
Цилиндр стальной средний	147,9	0,2	19	1
Цилиндр стальной малый чёрный	98,85	0,16	12	1
Пластинка стальная	61,5	0,12	8	1
Диск стальной	22,93	0,06	3	1
Вариант 2, дерево				
Тело	m , г	Δm , г	V , см ³	ΔV , см ³
Куб деревянный малый	12,47	0,06	25	2
Цилиндр деревянный малый	7,05	0,06	12	1
Пластинка деревянная	4,72	0,06	8	1
Вариант 3, пластмасса				
Тело	m , г	Δm , г	V , см ³	ΔV , см ³
Цилиндр пластмассовый белый	40,55	0,12	35	2

Цилиндр пластмассовый черный длинный	20,64	0,06	16	1
Цилиндр пластмассовый черный короткий	14,39	0,06	12	1
Пластинка чёрная пластмассовая	10,9	0,06	8	1
1	2			
Верно. Этот вывод и есть ответ на нашу частную ПЗ. Обратите внимание, мы можем ответить на эту ПЗ, только обобщив единичные результаты измерения двух величин: массы и объёма. Как вы думаете, какую ещё информацию мы можем извлечь из результатов эксперимента?	<i>Затрудняются с ответом.</i>			
Организация деятельности учащихся по «открытию» закона зависимости массы однородных тел от объёма (20 мин)				
Какую информацию мы извлекли из результатов эксперимента по равномерному движению? Только тот факт, что чем больше время, тем больше пройденный путь?	– Нет, мы получили зависимость пути от времени. – Может быть, нам следует изучить зависимость массы тел от объёма?			
Давайте сделаем это. Запишем следующую ПЗ: «ПЗ: Каков вид зависимости массы тел от объёма?» Оставим эту запись в рабочей тетради и откроем лабораторный журнал.	– Массу будем откладывать по вертикальной оси, объём – по горизонтальной.			
В нём есть лист миллиметровой бумаги. Запишем только название исследования: «Зависимость массы тел от объёма». Разобьёмся на три варианта: первый ряд – вариант № 1, второй ряд – № 2, а третий – № 3. Тогда каждый может работать с телами из одного вещества, и мы затратим на работу меньше времени. Перепишите нужную таблицу в тетрадь и приступайте к построению графика. Как мы обозначим оси, если нам надо получить зависимость массы от объёма (y от x)?				
Каждому ряду придётся выбрать свой масштаб. У вас 2 минуты на обсуждение. Напоминаю, масштаб зависит от максимального значения, которое вы должны отметить, а кроме того, он должен быть удобен для откладывания дробных значений.	<i>Обсуждают, советуются с учителями.</i>			
Приступаем к отметке точек на графике. (Учитель проходит по рядам, помогает тем, кто испытывает трудности.)	<i>Работают.</i>			

1	2
Какой вывод вы можете сделать?	– Я получил прямую пропорциональность. – А у меня не получилось, точки не совсем лежат на прямой! – А ты отметил погрешности?
Верно, измеренные значения не точны, надо отложить погрешность с двух сторон от точки (<i>показывает</i>).	<i>Выполняют.</i> – У меня с учётом погрешности получилась прямая пропорциональность.
Это не вывод, посмотрите, как сформулирована ПЗ.	– Масса тел прямо пропорциональна объёму.
Ты получил это для всего набора тел?	– Нет, только для дерева.
Тогда конкретизируй свой вывод: «Для тел из дерева ...»	– Для тел из дерева масса прямо пропорциональна объёму. – Для тел из стали масса прямо пропорциональна объёму. – Для тел из пластмассы масса прямо пропорциональна объёму.
Мы сделали частные выводы. Каждый из них обобщает результаты, полученные для тел из одного вещества. Запишите себе в лабораторный журнал ваш частный вывод. В конце урока сдайте эти тетради на проверку. Можно ли сделать ещё более общий вывод?	– Да, для тел из одного вещества масса тел прямо пропорциональна объёму.
Верно. Но это не всё. Мы использовали не просто тела из одного вещества. В них не было каких-то неоднородностей: вкраплений других веществ, полостей, пузырьков воздуха и так далее. Такие вещества называют однородными. Добавьте это слово в наш вывод.	– Для однородных тел из одного вещества масса тел прямо пропорциональна объёму.
Это общий вывод. На самом деле у нас ещё недостаточно данных для такого общего вывода: мы исследовали только тела из трёх веществ. Этого мало. Но физики не раз проверяли этот вывод. А нам наше учебное время просто не позволяет сделать необходимое для этого вывода количество экспериментов. Итак, мы получили закон. Запишите полученный вывод в рабочей тетради.	<i>Записывают:</i> «Масса однородных тел из одного вещества прямо пропорциональна их объёму».

1	2
Физический закон можно записать математически: $m \sim V$.	<i>Записывают.</i>
Организация деятельности учащихся по созданию понятия о новой физической величине «плотность» (5 мин)	
Вы знаете, что в уравнении прямой пропорциональности есть коэффициент. Запишем наш вывод с использованием коэффициента. Обозначим его ρ : $m = \rho V$.	<i>Записывают.</i>
Посмотрите, у меня все три зависимости изображены на одном графике. Вы предполагали зависимость от вещества. Какой вывод вы можете сделать, увидев эти графики?	– У этих графиков разный наклон. – У этих прямых разный коэффициент пропорциональности. – Коэффициент пропорциональности зависит от вещества.
Мы можем ввести новую физическую величину – коэффициент пропорциональности. Какое свойство он характеризует?	– Он характеризует плотность тела. – Он характеризует свойство тела быть плотным в определённой степени (тело большей или меньшей плотности).
Да, назвать свойство сложно. Эту физическую величину так и назовем: плотность. Давайте получим формулу для этой величины.	$\rho = \frac{m}{V}.$
Посмотрите на эту формулу. Допустим, у нас есть два тела одного объёма, но первое имеет большую массу, чем второе. Что можно сказать про вещество, из которого изготовлено первое тело?	– Это вещество более плотное.
Теперь предположим, что у двух тел одинаковая масса, но объём первого меньше. Что можно сказать о веществе, из которого сделано первое тело?	– Первое тело сделано из более плотного вещества.
Итак, мы установили, что новая физическая величина характеризует свойства вещества, которое мы могли бы назвать тоже «плотность». Но не стоит одним и тем же словом называть физическую величину и свойство, которое она характеризует. Давайте попробуем дать определение новой физической величины.	– Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено тело, и равная отношению массы тела к его объёму.

1	2
<p>Ещё одно замечание. Плотность стоит вводить для однородных тел. Это стоит отметить в определении.</p>	<p>– Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму.</p>
<p>Запишите определение. Какова единица плотности?</p>	<p>– Единица массы – килограмм или грамм, объём выражается в м³, см³, мм³. Таким образом, единица плотности может быть, например, кг/см³.</p>
<p>Плотность характеризует вещество, и есть таблицы, в которых приводится плотность разных веществ. Давайте заглянем в такую таблицу. Посмотрите, какие единицы в ней использованы.</p>	<p>– Кг/м³ и г/см³.</p>
<p>Это общепринятые единицы, хотя можно использовать и другие. Ещё раз обратите внимание на формулу плотности. Если объём тела равен единице, например 1 м³, то плотность численно равна массе такого тела. Поэтому можно сказать, что плотность равна массе тела единичного объёма. Запишите определение плотности, не забудьте указать единицы.</p>	<p><i>Записывают: «Плотность – физическая величина, характеризующая вещество, из которого изготовлено однородное тело, и равная отношению массы тела к его объёму, то есть массе тела единичного объёма».</i></p>
<p>Ну а теперь вернёмся к легенде об Архимеде. Одна из версий легенды гласит, что, обнаружив способ измерения объёма тела, Архимед бросился домой (не успев одеться), чтобы измерить объём короны. По дороге он кричал: «Эврика!», что означает «Нашёл!». Измерив объём короны, Архимед обнаружил, что он больше, чем объём слитка. Что это означало?</p>	<p>– Это означало, что корона была сделана не из чистого золота. – Я сравнил плотности серебра и золота, приведённые в таблице, и увидел, что плотность серебра гораздо меньше. В случае примеси серебра объём при той же массе должен увеличиться.</p>
<p>Организация деятельности учащихся по применению понятия о физической величине «плотность» (7–8 мин)</p>	
<p>Давайте попробуем решить задачу: семиклассник выпил стакан (200 мл) воды. На сколько изменилась его масса? <i>(Делается вывод о том, что надо поработать с переводом единиц, решается несколько упражнений на перевод единиц.)</i></p>	<p><i>Решают, выполняют, обсуждают.</i></p>

1	2
Завершающий этап (2–3 мин)	
Итак, перечислите основные результаты нашего урока.	<ul style="list-style-type: none"> – Мы ответили на ПЗ ... – Мы открыли закон ... – Мы ввели новую физическую величину ...
Чтобы закрепить полученные знания, изучите параграфы ... учебника. И ещё одно творческое задание. На упаковке многих продуктов пишется не только масса нетто, но и объём: например, на упаковке сливочного масла, творога, мороженого. Найдите плотность таких продуктов. Оформите выполненное задание на отдельном листочке, можно зарисовать продукт, наклеить часть упаковки, где приводятся необходимые значения величин.	

Замечания и комментарии.

1. Очень помогает на таком уроке подготовленный заранее файл электронных таблиц с данными, которые переписывают учащиеся, и тремя видами графиков, которые показываются последовательно. Пример таких графиков изображён на рис. 2.1. График 2.1, *а* учитель демонстрирует, когда большинство учащихся поставили на графике точки. Они сверяют расположение точек и в случае ошибки в своих графиках тут же перепроверяют координаты точек. Возможность видеть конечный результат придаёт школьникам уверенности. В ходе обсуждения принимается решение об учёте погрешностей. Учитель объясняет, как отметить погрешность результата на графике и через некоторое время демонстрирует рис. 2.2, *б*. После обсуждения вида зависимости учитель демонстрирует рис. 2.2, *в*, обращая внимание учащихся на правила проведения прямой интерполяции на графике. Перед формулированием общего вывода демонстрируется рис. 2.2, *г*.

2. При малом объёме тел лучше пользоваться небольшими измерительными цилиндрами. Тогда погрешность измерений составит около 1 см^3 (инструментальная погрешность $0,5 \text{ см}^3$ плюс погрешность отсчёта $0,5 \text{ см}^3$). Погрешность массы даже при такой оценке (погрешность округления) оказывается слишком малой, чтобы обозначить её на графике. При выборе оборудования учитель может принять решение в соответствии с выбранным оборудованием. Более подробно вопрос о погрешности обсуждается в лекции 5.

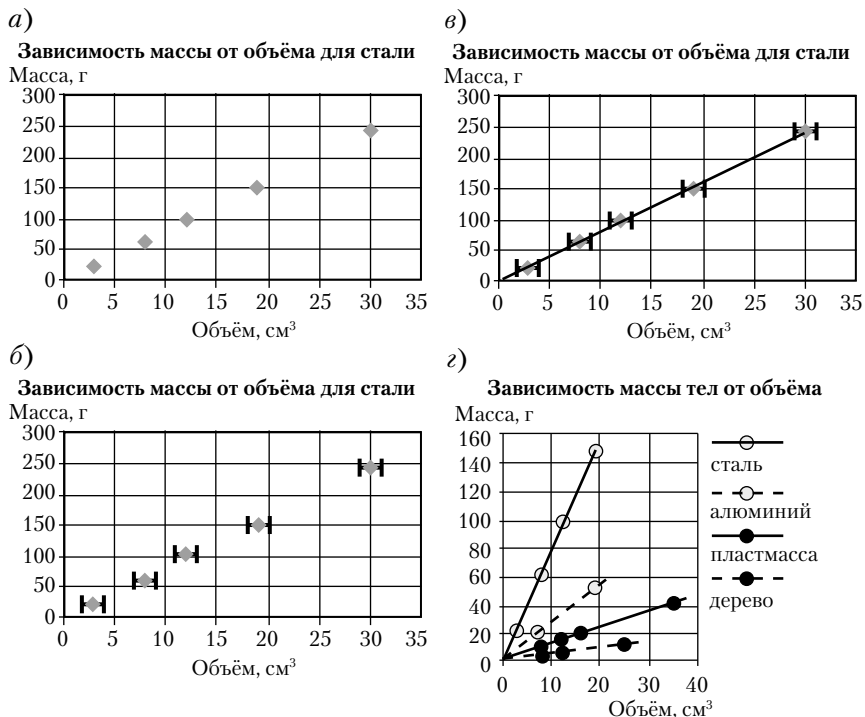


Рис. 2.1. Заранее построенные графики, которые учитель демонстрирует классу в процессе обработки результатов эксперимента: а – график с экспериментальными точками, б – график с экспериментальными точками и погрешностями измерений объёма, в – график, демонстрирующий интерполяцию искомой зависимости прямой, г – все графики на одном листе для обсуждения обобщённого вывода

3. В случае отсутствия необходимых наборов тел можно проделать серии экспериментов с жидкостями и заготовить упаковки от некоторых продуктов, которые встречаются в продаже в различной фасовке.

Пример 2.5. Рекомендации к проведению урока «Закон преломления света».

Исходную ситуацию можно создать с помощью самых разнообразных опытов на преломление света: это и лазерные указки, и классические опыты с пучками света от отверстий, и с прямоугольными прозрачными пластинами, и с заполненными водой кюветами. Все возможности физического кабинета должны быть направлены на то, чтобы учащиеся смогли под руководством учителя сформулировать ПЗ: «От какой физической величины, характеризующей условия падения луча, зависит угол прелом-

ления?». Так же, как при «открытии» закона, учащиеся выдвигают гипотезу о зависимости угла преломления от угла падения (эти понятия введены ранее), другие гипотезы (зависимость от свойств среды, например, цвета и прочего). Далее, в соответствии с обобщённой схемой, они в ходе фронтальной беседы формулируют частную ПЗ, планируют эксперимент, обсуждают и конструируют установки на своих столах, проводят эксперимент. Роль учителя сводится к организации урока: «Каков наш следующий шаг?», «Обсудите гипотезы с вашими соседями, на это вам отводится 2 минуты», «Сформулируйте гипотезы»..., а также к установлению очерёдности выступающих (следует спрашивать и тех, кто не проявляет активности).

Эксперимент удобней проводить с полуцилиндрами. Если направить падающий луч в середину прямоугольной грани, преломлённый луч на выходе из полуцилиндра не преломляется, так как идёт по радиусу.

Перед построением графика учащимся следует подсказать, что исторически закон долго не могли сформулировать, так как не знали тригонометрических величин. Оказалось, что надо искать соотношение не между углами падения и преломления, а между их синусами. Ученикам выдаётся таблица синусов, где также приведены погрешности синуса при различных погрешностях угла. Учитель должен пояснить, что это позволяет не тратить время на вычисление погрешности синуса методом границ. Ниже приведён фрагмент такой таблицы, её легко сделать в MS Excel, зная, что $\Delta(\sin \alpha) = \cos \alpha \cdot \Delta\alpha$.

Угол, °	Синус угла	Погрешность синуса при погрешности угла					
		0,5°	1°	1,5°	2°	2,5°	3°
8	0,139	0,009	0,017	0,026	0,035	0,043	0,052
9	0,156	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,052
10	0,174	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,052
11	0,191	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,051
12	0,208	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,051
13	0,225	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,051
14	0,242	0,008	0,017	0,025	0,034	0,042	0,051
15	0,259	0,008	0,017	0,025	0,034	0,042	0,051
16	0,276	0,008	0,017	0,025	0,034	0,042	0,050

Полученный в эксперименте график приведён на рис. 2.2. Интересно, что при таких погрешностях измерения углов прямая пропорциональ-

ность получается и для зависимости угла преломления от угла падения.

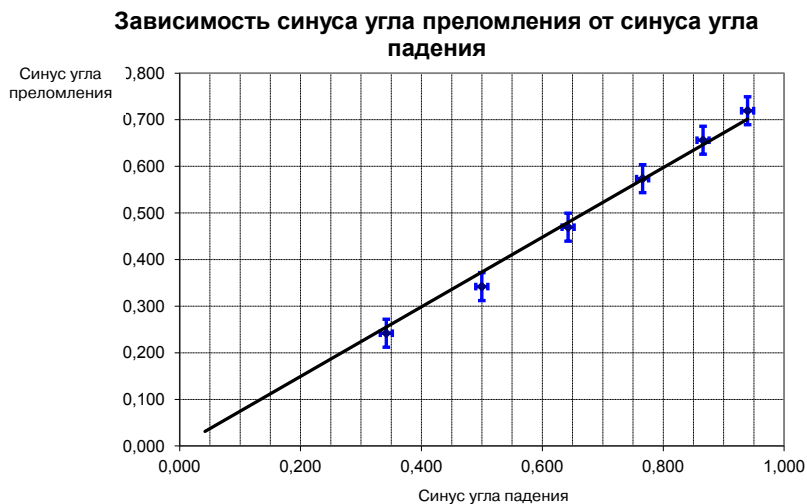


Рис. 2.2. График, проведённый по экспериментальным точкам с учётом погрешностей

Для полноты формирования деятельности по «открытию» закона желательно проверить и другие гипотезы. В демонстрационном эксперименте можно исследовать преломление в других средах. Обязательно стоит дать учащимся задание пустить луч по радиусу полукруглой грани, чтобы посмотреть преломление на границе стекло–воздух. Ученики быстро догадываются, что углы получаются обратными. А, кроме того, наблюдают явление полного отражения. Строить график для результатов этого опыта не стоит. Вывод о том, что падающий и преломлённый лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, делается с «подачи» учителя (учитель обращает внимание на тот факт, что можно измерить оба угла в одном опыте).

В более слабом классе вопросы составления программы эксперимента, сборки установки и прочее потребуют больше времени. Поэтому после внесения значений синусов и их погрешностей в таблицу, построение графика можно задать на дом. На следующем уроке формулируется закон, вводится понятие показателя преломления и рассматриваются вопросы применения нового закона.

Итак, обобщённая схема деятельности по «открытию» закона позволяет перестроить методику преподавания физики, придав деятельности учащихся исследовательский характер с элементами планирования и

самоконтроля. Причём большая часть деятельности может осуществляться самими учащимися на уроке, что соответствует положениям системно-деятельностного подхода, как основы методики преподавания предмета в соответствии с ФГОС.

Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Сформулируйте ПЗ, соответствующие сформулированным ниже исходным ситуациям. Предположите, какие гипотезы могут быть выдвинуты учащимися в ответ на эти ПЗ.

а) Количество теплоты, выделяемое топливом при различных условиях, различно.

б) Сила тяжести, действующая на различные тела, различна.

в) Скорость испарения жидкости может быть различной в различных условиях.

г) Расстояние от линзы до изображения на экране может принимать различные значения.

2. Найдите в Примерной программе по физике и естествознанию [6] раздел «частные предметные результаты». В нём указаны основные явления и факты, которые должны изучить учащиеся в основной школе. Найдите среди них факты, вспомните законы, связанные с проявлением перечисленных явлений, которые в основной школе следует «открыть» в ходе экспериментального исследования как закон на качественном уровне (научный факт). Перечислите не менее пяти таких законов или фактов.

3. Конкретизируйте обобщённую схему по «открытию» закона, о котором идёт речь в примере 2.5. Ответ запишите в виде таблицы.

Последовательность организации деятельности (см. п. 2.4)	Закон преломления света

Литература

1. Анофрикова С.В. Ключевые компетенции и методика их формирования на уроках физики. Дистанционный курс Педагогического университета «Первое сентября». – URL: <http://edu.1september.ru/distance/16/012>.

2. Методические материалы к составлению программы универсальных учебных действий. Приложение 1. 7 класс. Приложение 2. 8 класс. Приложение 3. 9 класс // *Физика в школе*. 2011. № 5. Электронное приложение к журналу.

3. *Анофрикова С.В., Стефанова Г.П.* Практическая методика преподавания физики. Ч. 1. Астрахань: Изд-во Астраханского пед. ин-та, 1995.

4. *Попова О.Н.* Обучение учащихся выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами: Методическое пособие для учителей физики. Элиста: Элистинский лицей, 1998.

5. *Попова О.Н.* Обучение учащихся выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами. Дисс. ... канд. пед. наук. М., 1999.

6. Примерные программы основного общего образования. Физика. Естествознание. М.: Просвещение, 2010.

7. *Ивашкина Д.А.* Системы познавательных задач для открытия законов термодинамики и постоянного тока в 8 классе // Фестиваль педагогических идей. 2003/2004 уч. г. – URL: http://festival.1september.ru/2003_2004/index.php?member=102668.

8. Примерные программы основного общего образования. Физика. Естествознание. – М. : Просвещение, 2009. (На сайте ФГОС (URL: <http://standart.edu.ru/>) в разделе «Основная школа» «Примерные программы по учебным предметам».)

Лекция 3

Формирование понятий о физических явлениях на основе экспериментальной деятельности

Введение

В лекции 1 мы говорили о том, что понятия о физических явлениях лежат в основе понимания материала всего курса физики (см. п. 1.1). Напомним вкратце основные положения. Определение понятий – это необходимое умственное действие по сопоставлению *термина* и соответствующего ему *элемента знания*. Мы показали, как можно обучать умению формулировать понятия, даже начиная с 5-го класса, по схеме Аристотеля: термин → род → видовые отличия. Мы дали определение *физическому явлению* как *изменению состояния материального объекта* (МО-I), причиной которого является *воздействие на него другого материального объекта* (МО-II) в *конкретных условиях* (УВ). Рассмотренные структурные элементы понятия о физическом явлении были представлены в виде схемы 1.2.

Мы подчеркнули, что при составлении определения по схеме Аристотеля в видовых признаках того или иного явления следует указывать:

а) с каким объектом происходит это явление (в обобщённом виде – МО-I);

б) какое именно изменение состояния происходит (характеристики объекта МО-I в начальном и конечном состояниях);

в) при взаимодействии с каким объектом МО-I изменяет состояние (МО-II);

г) при каких условиях происходит это взаимодействие (УВ).

Обратите внимание ещё раз на элементы, из которых составляет определение понятия о физическом явлении: объект, с которым происходит явление, его начальное и конечное состояния, воздействующий объект, условия взаимодействия – все эти элементы часто обсуждаются на уроках и включены явно или неявно в физические задачи, в лабораторные и исследовательские работы, в анализ классических экспериментов, лежащих в основе теорий. Поэтому с первых уроков физики важно чётко придерживаться изложенной структурной схемы введения понятий о физическом явлении, однако полноценное формирование деятельности по созданию понятия о явлении стоит перенести на более поздний срок, когда учащиеся будут обладать определёнными аналитическими навыками. В лекции 3

мы покажем методы обучения деятельности по формированию понятий о физических явлениях на основе экспериментальной исследовательской деятельности, которую можно назвать *эмпирическим методом познания*.

3.1. Конструирование понятия о явлении на основе структурной схемы

Представленная структурная схема «создания» понятия о явлении (схема 1.2) достаточно абстрактна. Учитель должен работать с ней как с опорой, приучая учащихся постепенно. Поэтапное овладение деятельностью по приведённой схеме приводит к пониманию последовательности мысленных действий при возникновении задачи на определение неизвестных явлений, вырабатывает основу системного подхода как к исследованию новых явлений, так и к использованию знаний об уже изученных явлениях. Приведём пример, как можно организовать работу по структурной схеме уже на первом этапе изучения предмета в 7-м или в 5–6-м классах (в зависимости от учебного плана образовательного учреждения).

При первом достаточно серьёзном изучении физического явления следует выделить его структурные элементы. На схеме 3.1 приведена структурная схема *единичного* явления, наблюдаемого на уроке на тему «Диффузия».

Схема 3.1

Структурная схема единичного явления (распространение запаха пахучей жидкости)

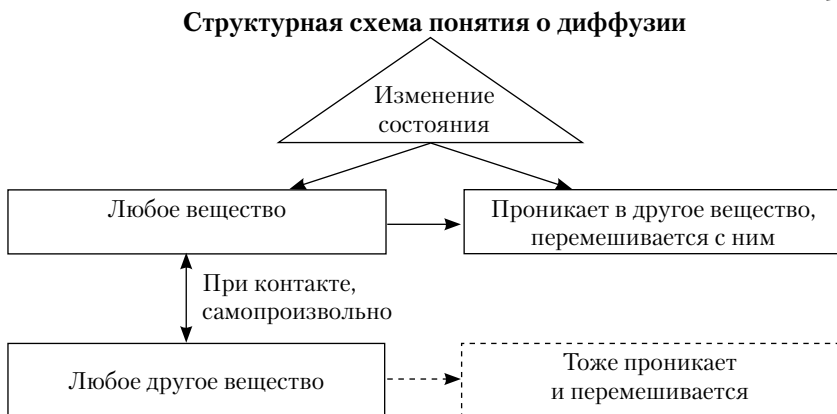


Учитель сообщает исходную ситуацию: «Итак, нами обнаружено новое физическое явление в конкретной ситуации. Мы пока не знаем, что это за явление. Но можем попробовать исследовать его. Какие исследования вы могли бы предложить для того, чтобы выяснить, что это за явление?»

Достаточно быстро учащиеся догадываются, что надо испытать другие вещества. Учитель обобщает их мнения, конкретизируя необходимые действия в виде познавательных задач: Только ли частицы этой пахучей жидкости могут так самопроизвольно проникать в воздух? Только ли в воздухе это может происходить? Действительно ли «само собой»? Под руководством учителя ученики предлагают эксперименты и проводят их (оборудование должно быть подготовлено заранее, оно может быть уже на столах или раздаётся по мере того, как учащиеся формулируют способы решения познавательных задач; всё зависит от подготовленности класса). Мы видим, что анализ структуры понятия о том или ином физическом явлении помогает проектировать эксперимент. Таким образом, работа по схеме даже на первых уроках даёт возможность для проведения небольшого исследования.

В результате обсуждения можно обобщить знания о каждом из элементов структурной схемы и составить обобщённую схему *понятия о явлении*. В новой схеме вместо слов «воздух», «духи», «краска», «вода» будет фигурировать обобщённое «вещество». То есть мы продвигаем мышление учащихся от знаний о диффузии как единичного случая к знаниям о диффузии как распространённого явления. Получается та же схема, но на другом уровне понимания (схема 3.2).

Схема 3.2



Чтобы научить применять (конкретизировать) эту схему в других ситуациях, можно задать на дом упражнение по её приложению к уже изученным явлениям (например, о броуновском движении). Как применять данную схему в различных учебных ситуациях, мы покажем далее.

3.2. Применение структурной схемы понятия о физическом явлении в учебных ситуациях

Анализ условия задачи. Знание структурной схемы понятия о физическом явлении помогает учителю не только в экспериментальном исследовании. В частности, предложенная схема незаменима при анализе условия задачи. Большинство задач, как качественных, так и количественных, связано с определённым явлением. Однако условие часто изложено «бытовым» языком. Выделить тела, с которыми происходит явление, а также их начальное и конечное состояния, бывает важным в задачах и на механику, и на теплообмен, и на электричество. Например, необходимо решить сложную задачу на исследование переходных процессов в цепи постоянного тока, и успех решения зависит от умения проанализировать описываемые в задаче явления/процессы [1].

Пример 3.1. Анализ условия в задачах на теплообмен [2].

Рассмотрим задачу: В сосуд, содержащий 4,6 кг воды при температуре 20 °С, бросают кусок стали массой 10 кг, нагретый до 500 °С. Вода нагревается до 100 °С, и часть её обращается в пар. Найдите массу образовавшегося пара.

Во-первых, выясняем, какие тела участвуют в теплообмене. Для этого, прочитав условие в первый раз, я прошу учащихся выделить все тела, о которых идёт речь в задаче, и вписать их в таблицу 3.1:

Таблица 3.1

Тело	Начальное состояние	Конечное состояние	Количество процессов	Количество теплоты

В данном случае есть две различных части воды: одна, нагревшаяся до 100 °С, и другая, превратившаяся в пар. Поэтому при обсуждении этого вопроса можно сразу внести в таблицу обозначения соответствующих масс (табл. 3.2):

Таблица 3.2

Тело	Начальное состояние	Конечное состояние	Количество процессов	Количество теплоты
Вода-1, $m_{\text{п}}$	Жидкость, $t_{\text{в}}$	Пар, $t_{\text{п}}$		
Вода-2, $m_{\text{в}} - m_{\text{п}}$	Жидкость, $t_{\text{в}}$	Жидкость, $t_{\text{п}}$		
Сталь, $m_{\text{ст}}$	Твёрдое, $t_{\text{ст}}$	Твёрдое, $t_{\text{п}}$		

Во-вторых, выясняем, как именно изменилось состояние тел. Конечный результат теплообмена – состояние теплового равновесия, конечные температуры тел одинаковы.

Следующий шаг – решить, сколько процессов, описываемых отдельными формулами, содержится в том или ином переходе (как именно изменяются состояния). Для этого стоит воспользоваться «обобщённым» графиком фазовых переходов, который я даю ребятам в виде такого вот опорного конспекта (рис. 3.1).

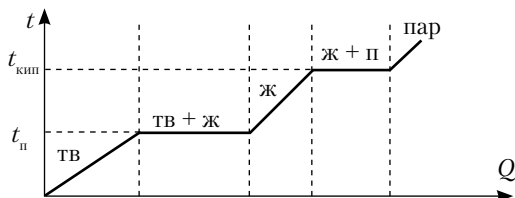


Рис. 3.1. Опорный конспект «График фазовых переходов»

Надо мысленно расположить точки начального и конечного состояний для каждого из тел на этом графике и ответить на вопрос: сколько отрезков прямых лежит между этими двумя точками. Такой способ усваивается даже слабыми учениками очень быстро.

После установления количества процессов остаётся решить уже совсем простой вопрос: получает данное тело тепло или отдаёт. В окончательном виде получаем (табл. 3.3):

Таблица 3.3

Тело	Начальное состояние	Конечное состояние	Количество процессов	Количество теплоты
Вода-, $m_{\text{п}}$	Жидкость, $t_{\text{в}}$	Пар, $t_{\text{п}}$	2	Получает (+)
Вода-2, $m_{\text{в}} - m_{\text{п}}$	Жидкость, $t_{\text{в}}$	Жидкость, $t_{\text{п}}$	1	Получает (+)
Сталь, $m_{\text{ст}}$	Твёрдое, $t_{\text{ст}}$	Твёрдое, $t_{\text{п}}$	1	Отдаёт (-)

Исходя из таблицы 3.3, в уравнение теплового баланса войдёт четыре процесса, три из них будут с одной стороны равенства, один – с другой. Остаётся вспомнить и записать формулы, учитывая введённые обозначения:

$$c_{\text{в}} m_{\text{п}} (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) + L_{\text{в}} m_{\text{п}} + c_{\text{в}} (m_{\text{в}} - m_{\text{п}}) (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}) = c_{\text{ст}} m_{\text{ст}} (t_{\text{ст}} - t_{\text{п}}).$$

Надо отметить, что такую таблицу можно использовать как для простых, так и для более сложных задач.

Пример 3.2. Анализ условия в задачах на равноускоренное движение.

Равноускоренное движение – это явление изменения скорости тела под воздействием каких-то сил. При изучении кинематики вопрос о причине изменения скорости ещё не поднимается. Но вот анализ начального и конечного состояния движения тела (значения координаты, скорости, ускорения) очень актуален. И именно с отсутствием такого анализа связано неумение слабых учащихся решать задачи на кинематику. Если сразу уделить внимание процессу анализа: выделить тела, их начальное и конечное состояния и характер изменения (ускорение или замедление движения), то довольно значительная часть проблем снимается. При этом привычка анализировать условие очень полезна в дальнейшем.

Есть много других задач, в которых анализ условия можно проводить с опорой на структурную схему понятия о явлении.

Проектирование экспериментальной установки. Очень часто в эксперименте необходимо воспроизвести то или иное физическое явление. Если явление уже изучено, то, пользуясь обобщёнными знаниями о структурных элементах явления, можно организовать деятельность учащихся по проектированию экспериментальной установки и подбору необходимых её элементов. Для этого необходимо задать определённые вопросы:

- С каким объектом будет происходить явление?
- Под действием какого объекта будет происходить явление?
- Как мы можем фиксировать изменение состояния объекта, каким прибором?
- Каковы условия проведения опыта?

Пример 3.3. Изучение силы трения.

В ходе исследования были выдвинуты гипотезы, что сила трения скольжения, действующая на тело, может зависеть от массы тела, площади поверх-

ности соприкосновения и от вида поверхности. Решено ответить на частные познавательные задачи с помощью эксперимента. Как его спроектировать? Необходимо воспроизвести движение с трением. Трение скольжения – это вид воздействия одного тела на другое, возникает при скольжении одного тела по поверхности другого. Поэтому отвечаем на вопросы:

— Какое тело выберем для скольжения по поверхности другого (*необходимо предусмотреть возможность изменять его массу и площадь поверхности соприкосновения с опорой*)?

— По какой поверхности будет скользить наше тело (*предусматриваем возможность изменения этой поверхности*)?

— Как будем измерять силу трения?

Пример 3.4. Изучение явления расширения тел при нагревании.

Из наблюдения расширения столбика спирта в термометре при его помещении в горячую воду решили, что это явление надо исследовать подробнее. Надо выяснить:

— Только ли спирт расширяется при помещении в горячую воду?

— Только ли при воздействии горячей воды спирт и другие тела могут расширяться?

— Только ли при контакте тел всё это может происходить?

Решили, что надо проверять тела в разных состояниях.

Надо спроектировать установку для решения первой частной познавательной задачи (ПЗ № 1): Только ли спирт расширяется при контакте с горячей водой?

Надо ответить на вопросы:

— Какое газообразное тело можно выбрать для эксперимента? (*удобнее – воздух, но надо ограничить объём.*)

— Как фиксировать изменение состояния? (*в трубке удобнее.*)

— Как привести в контакт с водой?

— Какое твёрдое тело выбрать?

— Как фиксировать изменение объёма?

После проведения запланированных опытов и получения выводов задаём следующие вопросы:

— Каким ещё телом можно воздействовать на воду, воздух и монетку? (*Гипотеза: более горячим, огнём.*)

— Как привести в контакт?

По мере накопления материала структурная схема усваивается учащимися, и это даёт основу для перехода к обучению новой деятельности – деятельности *по созданию понятия* о явлении (с элементами научного исследования и работой по обобщённой схеме).

3.3. Обобщённая схема деятельности по созданию понятия о физическом явлении

В лекции 2 было показано, как можно реализовать системно-деятельностный подход при изучении законов физики. Мы использовали обобщённую схему деятельности по «открытию» закона, которая позволяет выработать у учащихся навыки исследовательской работы. В соответствии с изложенными представлениями о деятельности и законах её формирования мы рекомендуем аналогично организовывать деятельность учащихся по формированию понятий о физическом явлении. Все должно происходить на основе эксперимента, на эмпирическом уровне познания. Как и в случае деятельности по «открытию» закона, мы приводим в лекции изменённую по сравнению с авторской [3] схему.

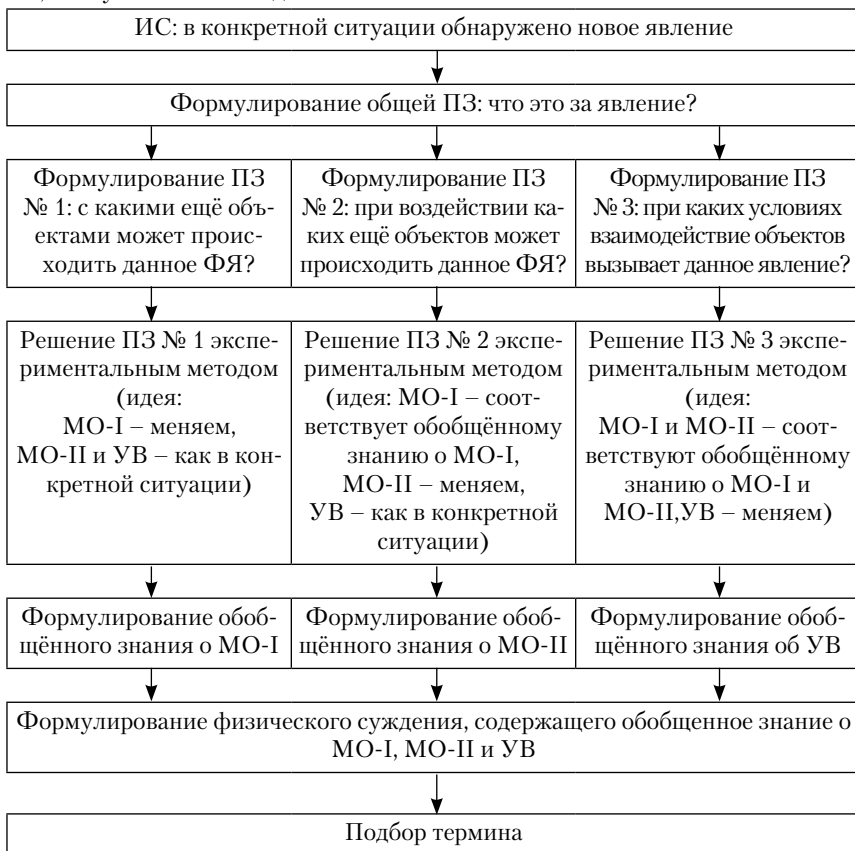
Обобщённая схема создания понятия о физическом явлении (схема 3.3) содержит: исходную ситуацию (обнаружение явления в конкретной ситуации, ИС); ПЗ – общую и частные; решение познавательных задач в ходе эксперимента; формулирование выводов – частных и общего, которые приводят к формулировке понятия, к подбору термина.

Решение познавательной задачи экспериментальным методом проводится с «подачи» учителя, если учащиеся не готовы сами планировать и реализовывать эксперимент. В обобщённой схеме выше отмечены несколько идей эксперимента для решения поставленных познавательных задач. При этом каждая идея воплощает важный принцип научного метода: в процессе одной серии экспериментов должен изменяться только один фактор и исследоваться именно его влияние. Кроме того, в схеме, как это сделано и в схеме деятельности по «открытию» закона, реализована идея получения сначала частных выводов, а затем и общего.

Прежде чем рассматривать реализацию на уроках схемы деятельности по созданию понятия о физическом явлении, проиллюстрируем её четырьмя примерами. Представленные в таблице 3.4 явления диффузии, теплообмена, теплопроводности, взаимодействия наэлектризованного тела с легкоподвижными предметами изучаются в 7–8-м классах, каждое разобрано с помощью обобщённой схемы деятельности по созданию понятия о физическом явлении эмпирическим методом, то есть на основе организованной исследовательской деятельности. Помимо конкретизации структурных элементов схемы, *курсивом* даны необходимые пояснения и описания действий учителя и учащихся.

Создание понятия о физическом явлении

Принятые сокращения: ФЯ – физическое явление, МО – материальный объект, УВ – условия взаимодействия.



Если анализ структурной схемы понятия о явлении оказывается сложным, то её надо анализировать «по частям». Например, явление электризации: сначала рассматриваем действие предварительно подготовленной (натёртой шерстью) палочки на кусочки бумаги, а затем – процесс создания палочки, обладающей такими свойствами. И здесь важную роль играет формулировка учителем исходной ситуации, соответствующей уровню подготовленности учащихся и методической цели учителя. В конце таблицы 3.4 приведены идеи исследований, которые могут использоваться в дальнейшем для организации «открытия» закона, научного факта или создания понятия о новом явлении.

Таблица 3.4

Примеры применения схемы деятельности по созданию понятия о физическом явлении

Пункты обобщённой схемы	Физическое явление				Взаимодействие наэлектризованного тела с легкоподвижными предметами
	Диффузия	Теплообмен	Теплопроводность	4	
1	2	3	4	5	
Способ проведения эксперимента, оборудование	Демонстрационный эксперимент и устный рассказ. Стакан с водой с несколькими кристалликами марганцовки на дне, пакетики с чаем и стаканы с горячей и холодной водой, кусок ваты и жидкость с резким запахом (например, жидкость для снятия лака)	Демонстрационный эксперимент и примеры из повседневного опыта. Стаканы с горячей и холодной водой, калориметрическое тело, термометр	Демонстрационный эксперимент. Стакан с горячей водой, запаянные стеклянные трубки, металлическая палочка, медный и стальной стержни, спаянные вместе с кнопками на пластине	Демонстрационный эксперимент и лабораторная работа. У учителя: эбонитовая палочка и шерстяная тряпочка, металлическая линейка (метр), подставка из баллона лампочки накаливания, у учеников: стеклянные, алюминиевые палочки, карандаши, ручки, линейки, полоски бумаги и полиэтиленовой плёнки, мелкие кусочки бумаги, пенопласта, фольги	Учитель рассказывает легенду о янтарном ве- тяжились шерстинки) и демонстрирует опыт с
Опыт, в котором возникает исходная ситуация (ИС)	Учитель смачивает ватку жидкостью, ученики чувствуют запах. Этот опыт может быть проведён на предыдущем уроке для до	При измерении температуры горячей воды ученики советуют подождать, прежде чем снимать по	Рассказ учителя о том, как металлическая ложечка нагревается в горячем чае		

1	2	3	4	5
<p>ИС: в конкретной ситуации обнаружено новое явление</p>	<p>казательства делимости вещества</p> <p><i>Учитель:</i> «Обнаружено новое явление: часть жидкости, которой смочена ватка, распространяется в воздухе (перемешивается с ним)»</p>	<p>казания термометра, так как «термометр ещё нагревается»</p> <p><i>Учитель:</i> «Обнаружено новое явление: при контакте с горячей водой термометр нагревается»</p>	<p>4</p> <p><i>Учитель:</i> «Обнаружено новое явление: при контакте одного конца стальной ложечки с горячим чаем второй конец также нагревается (тепло передаётся от одного конца к другому)»</p>	<p>напишем эбонитовой (тоже смола) палочки шерстью</p> <p><i>Учитель:</i> «Обнаружено новое явление: мелкие кусочки бумаги пригибаются к эбонитовой палочке, потёртой о шерсть. К сожалению, у нас нет эбонитовой палочки для каждого, но, к счастью, у каждого из вас есть тела, с которыми вы можете повторить этот опыт, – это ваши линейки. У каждого на столе есть кусочки ткани. Повторите опыт и сформулируйте свою исходную ситуацию»</p>
<p>Формулирование общей ПЗ</p>	<p>Что это за явление?</p>	<p>Что это за явление?</p>	<p>Что это за явление?</p>	<p>Что это за явление?</p>
<p>Анализ структуры единичного явления</p>	<p>МО-I (объект или тело, с которым происходит явление): частицы остропахнувшей жидкости (жидкости для снятия лака).</p> <p>МО-II (объект, под действием которого происходит явление): воздух.</p>	<p>МО-I: термометр. МО-II: горячая вода. Условия взаимодействия: при контакте</p>	<p>МО-I: конец алюминиевой чайной ложки, проты и в полужидком концы, находящемуся в горячем чае. МО-II: конец алюминиевой чайной ложки, находящийся в горячем чае.</p>	<p>МО-I: мелкие кусочки бумаги. МО-II: пластмассовая линейка (ручка, деревянная линейка), потертая о кусок ткани. Условия взаимодействия: при поднесении на близкое</p>

1	2	3	4	5
<p>Формулирование ПЗ № 1: с какими ещё объектами может происходить данное ФЯ?</p>	<p><i>Условия взаимодействия: са-мостоятельно, при контакте</i></p> <p>ПЗ № 1: Только ли частицы данной жидкости и воздух могут перемешиваться? Какие ещё вещества могут самопроизвольно перемешиваться с воздухом при контакте?</p>	<p>ПЗ № 1: Только ли термометр нагревается при контакте с горячей водой? Какие ещё тела могут нагреваться при контакте с горячей водой?</p>	<p><i>Условия взаимодействия: с течением времени</i></p> <p>ПЗ № 1 и 2 (оба объекта относятся к одному телу): Только ли в алюминиевой ложечке тепло переходит от более горячего к более холодному концу? В каких ещё телах это может происходить?</p>	<p><i>расстояние</i></p> <p>ПЗ № 1. Какие ещё тела притягиваются к линейке, потёртой кусочком ткани?</p>
<p>Решение ПЗ № 1 экспериментальным методом (идея: МО-1 – меняем, МО-П и УВ – как в конкретной ситуации)</p>	<p>Решаем ПЗ № 1 (идея: ищем вещества во всех трёх агрегатных состояниях, запахах которых распространяется в воздухе). Вспоминаем из жизненного опыта: в воздухе распространяются запахи жидкостей (керосин, бензин, масло, но хуже), твёрдых тел (жареной картошки, жареного мяса), газов (озона – после грозы, бытового газа)</p>	<p>Решаем ПЗ № 1 (идея: ищем вещества, которые при контакте с горячей водой нагреваются). Из жизненного опыта знаем, что таких веществ много. Учитель проводит опыт по смешиванию воды с фиксацией начальной и конечной температур, спрашивает: «Вы уверены,</p>	<p>Решаем ПЗ № 1 и 2 (идея: помещаем в горячую воду разные твёрдые тела, а также вещества в других состояниях). Прорезультат опытов с ложечками из разных веществ знаем из своего опыта. Используем также трубку с воздухом и трубку с водой.</p> <p><i>Поскольку опыт с двумя одинаковыми трубками</i></p>	<p>Решаем ПЗ № 1 (идея: используем ту же линейку (ручку), но другие мелкие объекты). Ученики проводят опыты с кусочками пенопласта и фольги. После обсуждения учитель демонстрирует опыт с притяжением к палочке тяжёлой металлической линейки при максимальном уменьшении силы сопротивления движению</p>

1	2	3	4	5
Формулированное обобщённое знание о МО-1	Вещества в любых агрегатных состояниях самопроизвольно проникают в воздух при контакте	Что любые тела будут нагреваться в такой ситуации?» <i>Учащиеся обсуждают</i>	<i>проходит по-разному при заполнении водой и воздухом, делается вывод, что по-разному передают тепло именно вода и воздух</i>	(на подставке из баллона от лампочки накаливания)
Формулированное обобщённое знание о МО-1	Вещества в любых агрегатных состояниях самопроизвольно проникают в воздух при контакте	Любые более холодные вещества при контакте с горячей водой нагреваются	В любых телах тепло самопроизвольно передаётся от более горячего конца к более холодному	К палочке (линейке, ручке), потёртой о кусочек ткани, притягиваются любые легкоподвижные тела
Формулированное обобщённое знание о МО-1 каких ещё объектах может происходить данное ФЯ?	ПЗ № 2: при контакте с какими другими веществами вещества в различных агрегатных состояниях способны перемешиваться?	ПЗ № 2: при контакте с какими другими веществами более холодные тела нагреваются?	–	ПЗ № 2: к каким ещё потёртым (?) о ткань или что-либо ещё телам способны притягиваться легкоподвижные тела?
Решение ПЗ № 2 экспериментальным методом (идея: МО-1 – отвечает за обобщённому знанию о МО-1,	Решаем ПЗ № 2 (идея: испытываем контакт жидкостей, жидкости и твёрдого тела, двух твёрдых тел). <i>Учитель демонстрирует опыт с диффузией марганцовки и пакетиком чая в холодной и горячей воде. Учитель</i>	Решаем ПЗ № 2 (идея: испробовать другие нагретые вещества). <i>Учащиеся приводят примеры из своего жизненного опыта</i>	–	Решаем ПЗ № 2 (идея: нагретые различные пары предметов друг о друга и подносим к мелким кусочкам бумаги, пенопласта, фольги)

1	2	3	4	5
<p>МО-П –меняем, УВ – как в конкретной ситуации)</p>	<p>также рассказывает об эксперименте с диффузией металлов</p>	<p>При контакте тел с разной степенью нагретости более холодное тело нагревается, а более горячее остывает. По окончании этого процесса устанавливается состояние тепловое равновесия (научный факт)</p>	<p>В телах из любых веществ при нагреве одного из концов происходит выравнивание температуры во всем теле</p>	<p>При нагревании практически всех тел друг о друга они приобретают свойство притягивать легкоподвижные тела. <i>Даём такую телу название «наэлектризованное тело»</i></p>
<p>Формулирование обобщённого знания о МО-П</p>	<p>Любые вещества во всех агрегатных состояниях при контакте способны самопроизвольно взаимно проникать друг в друга (научный факт)</p>	<p>Только ли при контакте более нагретое тело способно отдавать тепло менее нагретому? При каких еще условиях это возможно?</p>	<p>–</p>	<p>Только ли при приближении наэлектризованного тела оно притягивает легкоподвижные тела? Возможно ли взаимодействие на большем расстоянии?</p>
<p>Формулирование ПЗ № 3: при каких условиях взаимодействие объектов вызывает данное явление?</p>	<p>–</p>	<p>Только ли при контакте более нагретое тело способно отдавать тепло менее нагретому? При каких еще условиях это возможно?</p>	<p>–</p>	<p>Только ли при приближении наэлектризованного тела оно притягивает легкоподвижные тела? Возможно ли взаимодействие на большем расстоянии?</p>

1	2	3	4	5
Решение ПЗ №3 экспериментальным методом (идея: МО-I и МО-II – соответствуют обобщенному знанию о МО-I и МО-II, УВ – меняем)	–	Решаем ПЗ № 3 (идея: найти в своем жизненном опыте примеры, в которых более холодное тело получало тепло не при контакте). <i>Учащиеся приводят примеры (нагревание тел на солнце и т.д.)</i>	–	Решаем ПЗ № 3 (идея: узнать, есть ли взаимодействие на большем расстоянии). <i>Подбираются тела, которые можно намагнетизировать сильнее, они подносятся друг к другу на разные расстояния</i>
Формулирование обобщенного знания об УВ	–	Передача тепла возможна не только при контакте	–	Взаимодействие происходит на различных расстояниях
Формулирование физического суждения, содержащего обобщённое знание о МО-I, МО-II и УВ	Любые вещества во всех агрегатных состояниях при контакте способны самопроизвольно взаимно проникать друг в друга (<i>научный факт</i>)	При взаимодействии тел с разной степенью нагретости (<i>температурой</i>) более холодное тело нагревается, а более горячее остывает. <i>Вводится физическая величина, характеризующая степень нагретости тела</i>	В телах из любых веществ при нагреве одного из концов происходит выравнивание температуры во всем теле	При нагревании практически всех тел друг друга они приобретают свойство притягивать легкоподвижные тела на расстоянии
Подбор термина	Диффузия. <i>Термин называется учителем</i>	Теплообмен или теплопередача. <i>Термин предлагается учащимся и обсуждается</i>	Теплопроводность. <i>Термин предлагается учащимся и обсуждается</i>	<i>Термин не придумывается.</i> Взаимодействие намагнетизированного тела с намагнетизированными телами

1	2	3	4	5
<p>Определение понятия о ФЯ</p>	<p>Диффузия – это физическое явление, при котором тела при контакте самопроизвольно проникают друг в друга. Диффузия – это взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга</p>	<p>Теплообмен – это явление, при котором при взаимодействии двух тел более нагретое тело остывает, а менее нагретое нагревается. Поскольку «самопроизвольно» означает без вмешательства извне, т.е. без совершения работы, можно обсудить определение, данное в учебнике для теплопередачи</p>	<p>Теплопроводность – это вид теплопередачи, при котором тепло передается от одного участка тела к другому. <i>Корректировка в определение вносится после изучения конвекции, добавляется фраза «без переноса вещества»</i></p>	<p>Определение понятия не производится</p>
<p>Предпосылки для дальнейших исследований</p>	<p>По границе проникновения одного вещества в другое и времени можно судить о скорости диффузии (строго данная физическая величина не вводится). Можно исследовать, от каких свойств диффундирующих тел и условий взаимодействия зависит скорость диффузии (ПЗ для «открытия» закона или научного факта). Исследуется зависимость от температуры и анализируется скорость диффузии в различных агрегатных состояниях</p>	<p>Поскольку условия теплообмена различны, предлагается исследовать различные виды теплообмена (исходные ситуации – из приводимых учащимися примеров)</p>	<p>Можно говорить о свойстве тел «теплопроводность» и судить о степени проявления этого свойства у различных тел по скорости распространения тепла (например, опыт с медным и стальным стержнями, опыт с кюветками на пластине для сравнения скорости распространения температуры). Анализируется также теплопроводность в различных агрегатных состояниях</p>	<p>Обсуждается притяжение наэлектризованного шарика к стене, делается вывод, что «легкоподвижность» нужна только для фиксации самого факта взаимодействия тел. Изучается процесс электризации (обобщения о МО-I и МО-II уже сделаны, остаются решить только ПЗ № 3: только ли при трении возможна электризация?)</p>

Из приведённых примеров уже видно, что не все пункты обобщённой схемы деятельности легко конкретизировать, не все ПЗ можно сформулировать. Например, как можно видоизменить и исследовать условие взаимодействия «самопроизвольно, при контакте»? Вопрос формулирования условий взаимодействия очень сложен, поэтому ученики редко могут сделать это самостоятельно. Но если учитель помогает сформулировать их сразу точно (как в случае с диффузией), то решать ПЗ об условиях взаимодействия уже нет нужды.

Другая сложность связана с тем, что в некоторых физических явлениях и объект, с которым происходит изменение, и воздействующий объект выступают «на равных» (диффузия, конвекция, механическое или электрическое взаимодействие тел). В таких случаях ПЗ, касающиеся МО-I и МО-II решаются одновременно. В приведённой выше таблице эти две ПЗ решаются одновременно при исследовании теплопроводности, так как, взяв другое вещество, мы одновременно изменяем как МО-I, так и МО-II.

При изучении видов теплопередачи анализ структуры явления можно провести по-разному. Например, в случае теплопроводности воздействующим объектом можно считать внешний нагреватель, а распространение тепла в стержне – изменением его состояния. Возможно, читателю удастся сформулировать ПЗ в этом случае по-другому, более удобно для организации исследования. Формулируя исходную ситуацию определённым образом, учитель может стимулировать учащихся на анализ структуры понятия о явлении тем или иным способом. Методическая задача обучения анализу явления и организации его исследования будет достигнута в любом случае.

Как правило, исследование явления не заканчивается созданием понятия об этом явлении. Интенсивность явления можно характеризовать физической величиной. А значит, можно продолжить исследование, сформулировав ПЗ для «открытия» закона, пусть даже это будет лишь на качественном уровне.

3.4. Примеры применения методики формирования понятия о явлении на эмпирическом уровне познания

Как и в случае обучения деятельности по «открытию» закона, на первом, предварительном, этапе учитель организует деятельность учащихся без обговаривания или демонстрации схемы деятельности. Это означает, что на момент исследования учащимся *схема деятельности по формированию понятий о физическом явлении* ещё неизвестна, хотя сам учитель опирается на неё. Учащиеся же должны опираться

на структурную схему понятия о явлении, о которой мы говорили выше. После накопления определённого опыта по исследованию явлений (2–3 явления) учитель предлагает учащимся обобщить накопленный материал, составив схему деятельности по созданию понятия о явлении. В дальнейшем учащиеся под руководством учителя конкретизируют схему при изучении каждого нового явления. Организация такой деятельности показана ниже. Проиллюстрирую сказанное примером.

Пример 3.5. Сценарий урока «Электризация тел. Два рода зарядов».

Предыстория урока и методические заметки.

К моменту проведения урока учащиеся освоили структурную схему понятия о физическом явлении (схема 1.2) на уроках по изучению тепловых явлений (диффузия, броуновское движение, расширение тел при нагревании, теплообмен, плавление, кристаллизация, испарение). На предшествующем уроке ученики вместе с учителем составили *обобщённую схему деятельности по исследованию явления* (созданию понятия о явлении экспериментальным методом – схема 3.3). Этот урок – первый с конкретизацией этой схемы.

На столах у учащихся: схема 3.3, куски алюминиевой проволоки (алюминиевые палочки), стеклянные палочки (для перемешивания жидкостей), кусочек ткани, два узких листочка бумаги, узкая полоска из пластикового пакета, одноразовый стаканчик с мелкими обрезками бумаги, фольги и кусочками пенопласта. На демонстрационном столе – эбонитовая палочка, электрический султанчик, кусок шерстяной ткани, надутый воздушный шар, лампа накаливания, помещённая в пластиковый стакан (подставку) и выступающая из него, металлическая метровая линейка.

Так как материал урока очень насыщенный, подробные записи по ходу исследования не ведутся. Достаточно записывать формулировки познавательных задач и ответы на них – выводы. Поскольку экспериментов много, при формулировании результатов экспериментов, частных и общих выводов есть возможность спросить каждого. Если активно работали только несколько учащихся, их можно поощрить оценками. Если активны были все, лучше поблагодарить класс за активную и интересную работу. На уроках-исследованиях учащиеся должны работать не за оценку, а «за интерес». Излишнее оценивание может снизить активность учеников из-за их боязни сказать что-нибудь не так. В сценарии урока употребляются сокращения (ПЗ, ИС, МО, ...), на уроке учащиеся проговаривают эти аббревиатуры полностью: *познавательная задача*,

объект (тело), с которым происходит явление, воздействующее тело (или материальный объект) и т.д.

Образовательная цель: подготовка учащихся, усвоивших следующие знания:

1) наэлектризованными называются тела, которые приобрели способность притягивать легкоподвижные предметы;

2) процесс приобретения телом свойства наэлектризованности называется электризацией;

3) электризация происходит при трении, ударе или контакте наэлектризованных (незаряженных) тел, а также при контакте с уже наэлектризованным (заряженным) телом;

4) электрический заряд – физическая величина, характеризующая степень наэлектризованности тела;

5) заряды могут быть двух видов, традиционно их называют: положительными (получаются на стекле при трении его о шёлк) и отрицательными (получаются на эбоните при трении его о шерсть);

6) одноимённо заряженные тела отталкиваются, разноимённо заряженные – притягиваются.

Цели по развитию учащихся: подготовка учащихся, овладевших следующими видами деятельности:

- создание понятия «наэлектризованное тело»;
- создание понятия «электризация»;
- создание понятия «электрический заряд»;
- получение научного факта, указанного в п. 3 образовательной цели;
- получение научного факта, указанного в п. 5 образовательной цели;
- получение научного факта, указанного в п. 6 образовательной цели.

Оборудование:

• на столах у учащихся: схема 3.3, куски алюминиевой проволоки (алюминиевые палочки), стеклянные палочки (для перемешивания жидкостей), кусочек ткани, два узких листочка бумаги, узкая полоска от пластикового пакета, одноразовый стаканчик с мелкими обрезками бумаги, фольги и кусочками пенопласта;

• на демонстрационном столе: эбонитовая палочка, электрический султанчик, кусок шерстяной ткани, надутый воздушный шар, лампа накаливания, помещённая в пластиковый стакан-подставку и выступающая из него, металлическая метровая линейка.

Ход урока

Действия (объяснения, вопросы, выводы) учителя	Действия (ответы) учащихся
1	2
Мотивационный этап (2–3 мин)	
<p><i>Учитель.</i> Рассказывают, что однажды к древнегреческому философу Фалесу, жившему в г. Милете, пришла дочь и протянула ему веретено, сделанное из драгоценного камня – электрона [4]. Мы называем его янтарём. В те далёкие времена финикийские купцы изредка привозили изделия из этого жёлтого прозрачного, как первый лесной мёд, камня в греческие города. По-видимому, купил его и Фалес, прельстившись красотой. Купил и подарил дочери. В древности гречанок с юных лет приучали к прядению. Дочь философа оказалась девушкой наблюдательной. Она рассказала отцу, что не раз, уронив веретено на пол, тёрла его, чтобы очистить от приставшего сора. Но при этом упрямое веретено только сильнее притягивало к себе пылинки и нити. Отчего так?</p>	
Организация деятельности учащихся по созданию понятия о явлении притяжения легкоподвижных тел к наэлектризованным телам (7–8 мин)	
<p>У нас с вами нет янтаря (а это, как известно, ископаемая смола), но есть палочка из эбонита – это тоже смола. <i>(Демонстрирует палочку, натирает её шерстью, подносит к «султанчику».)</i> Поэтому описанное явление я воспроизведу прямо на демонстрационном столе. Посмотрите, лёгкие листочки бумаги притягиваются к натёртой шерстью (как и в рассказанной истории) палочке. Итак, обнаружено новое явление в конкретной ситуации. Ваши действия?</p>	<p>– Формулируем ПЗ: что это за явление?</p>
<p>Выделим структурные элементы этого явления. Формулирую: лёгкие кусочки бумаги (шерсти), соринки притягиваются к натёртой тряпочкой искусственной смоле-эбониту.</p>	<p>– Лёгкие бумажки – это МО-I, тело, с которым происходит явление. – Натёртая палочка – это МО-II, воздействующее тело. – А условия, наверное: «при приближении».</p>
<p>Ваши дальнейшие действия?</p>	<p>– Формулируем частные ПЗ: Только ли лёгкие бумажки притягиваются к натёртой эбонитовой палочке? Только ли натёртая эбонитовая палочка притягивает лёгкие бумажки? Только ли при сближении эти тела так ведут себя?</p>

1	2
<p>Правильней было бы сначала ответить на ПЗ № 1, обобщить результаты. А потом уже формулировать ПЗ № 2. Но у нас нет на всех эбонитовых палочек.</p> <p>Нам помогут два соображения. Во-первых, вы наверняка сталкивались с этим явлением, причём натирали не только эбонит, но и, скажем, пластмассовую расчёску. Будем считать, что нам известно, что вместо смолы можно использовать пластмассу. Во-вторых, очень часто в науке нет возможности проводить эксперименты сначала для обобщения знаний о МО-I, а затем о МО-II. Поэтому будем проводить эксперименты одновременно. Только договоримся: в качестве МО-I кроме палочек, лежащих на столе, используем ручки и линейки, а в качестве МО-II кроме лёгких предметов у вас в стаканчиках у каждого есть волосы и другие предметы найдутся. Приступайте, у вас 5 минут. Ваши выводы?</p>	<p><i>Экспериментируют. Делают единичные выводы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – У меня все лёгкие предметы притягивались к ручке... – У меня никакие предметы не притягивались к натёртой алюминиевой палочке... – У меня пенопласт не притягивался к стеклянной палочке... – А у меня даже отталкивался.
<p><i>Учитель переспрашивает о результатах «неудачных» опытов у других экспериментаторов (обязательно у кого-то «работает» и алюминиевая палочка, и притягивается пенопласт).</i></p> <p>Обобщите результаты.</p>	<p><i>Обобщение знаний об объекте, с которым происходит явление:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Мне кажется, это любые лёгкие тела. <p><i>Обобщение знаний о воздействующем теле: любое, натёртое тряпочкой.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Условия остаются теми же: при сближении.
<p>А вы пробовали притягивать более тяжёлые тела?</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Да, например, книжка не притягивается.
<p>Отрицательный результат не всегда отрицательный. Возможно, вы что-то не учли. Посмотрите, я кладу тяжёлый предмет (метр) на специальную подставку (лампочку) так, чтобы он был в равновесии. А теперь подношу к нему натёртую палочку. Что наблюдаете?</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Он поворачивается за палочкой. – Просто ему дали возможность двигаться. А в обычном состоянии ему мешала сила тяжести и сила трения.

1	2
<p>Ещё один опыт. Почему притягивается этот натёртый шарик к стене? Ведь должно быть наоборот!</p>	<p>– Стена слишком тяжёлая, она не может притянуться к шарiku, поэтому притягивается шарик. – Можно сказать, что притягиваются все тела?</p>
<p>Верно. Давайте обобщим наши знания об объекте, с которым происходит явление, так: легкоподвижные тела. Хотя притягиваются и любые тела, но признаком получения телом такого специального свойства будет притяжение именно легкоподвижных тел.</p>	<p>–</p>
<p>Организация деятельности учащихся по созданию понятия о процессе электризации (10 мин)</p>	
<p>Теперь давайте займёмся исследованием самого процесса получения телом этого нового свойства. Мы пробовали до сих пор в качестве воздействующего тела натёртые палочки и ручки. Какие ПЗ поставите теперь?</p>	<p>– Только ли палочки при трении о тряпочку приобретают свойство притягивать легкоподвижные предметы? – Только ли при трении о тряпочку тела приобретают свойство притягивать легкоподвижные предметы? – Только ли при трении тела приобретают свойство притягивать легкоподвижные предметы?</p>
<p>Кстати, а чем принципиально различаются тела, которые приобретают свойство, и воздействующие тела? Проверьте и их на предмет приобретения нового свойства. У вас 5 минут, приступайте к экспериментам. Ваши выводы?</p>	<p>– Все тела при трении о все тела приобретают свойство притягивать легкоподвижные предметы. – А у нас пенопласт даже отталкивается.</p>
<p>Отталкивание – единичный факт. Запомним его и исследуем чуть позже. Нам пора ввести термины, иначе мы так и будем говорить о свойстве <i>притягивать</i> легкоподвижные предметы. Как назовем тело, обладающее таким свойством?</p>	<p><i>Предлагают.</i></p>

1	2
Давайте назовем его <i>наэлектризованным</i> . Дайте определение.	– Наэлектризованное тело – тело, которое приобрело способность притягивать легкоподвижные тела.
Как назовем процесс приобретения этого свойства? Сформулируйте определение.	– Электризация – процесс приобретения телом свойства наэлектризованности.
Запишите тему урока: «Электризация тел» и оба определения.	<i>Записывают.</i>
Организация деятельности учащихся по созданию понятия об электрическом заряде (10 мин)	
В процессе опытов вы говорили о том, что какие-то тела электризуются больше, а какие-то меньше. Как мы поступаем в случае обнаружения такого факта?	– Вводим новую физическую величину.
Каким способом мы можем ввести эту физическую величину?	– Мы должны предложить способ измерения (количественной оценки).
Верно. Правда, сегодня мы пока не сможем этого сделать. Так тоже бывает, мы в течение нескольких уроков вводили силу, а теплопроводность как физическую величину так и не ввели. Что будет характеризовать новая физическая величина?	– Степень наэлектризованности.
Как можно её назвать?	– Наэлектризованность? – Заряжённость?
Назовём <i>зарядом</i> . Запишите определение, вернее, ту часть, которую мы пока можем записать.	– Заряд – физическая величина, характеризующая степень наэлектризованности тела.
Зарядом называют ещё и само свойство наэлектризованности. Чтобы не путаться, давайте договоримся о всех способах выражения факта «тело наэлектризовано». <i>Пишет на доске.</i>	<i>Записывают.</i>
$\left[\begin{array}{c} \text{тело} \\ \text{наэлектри-} \\ \text{зовано} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{тело} \\ \text{обладает} \\ \text{зарядом} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{тело} \\ \text{заря-} \\ \text{жено} \end{array} \right]$	

1	2
Организация деятельности учащихся по созданию научного факта о взаимодействии заряженных тел (12 мин)	
<p>Вспомните теперь о том, что в некоторых случаях кусочки пенопласта даже отталкивались от заряженных тел. Открою тайну: просто они тоже наэлектризовались.</p> <p>Посмотрите на эти два кусочка полиэтилена: они отталкиваются. Предлагаю изучить это явление. Сформулируйте частные ПЗ.</p>	<p>– Мы уже обобщили знания о наэлектризованных телах. Зато мы не знаем, что именно с ними происходит.</p> <p>– Какие заряженные тела ещё отталкиваются от полиэтилена?</p> <p>– Только ли от полиэтилена они могут отталкиваться?</p>
<p>Приступайте к экспериментам. Через минуту обменяемся мнениями.</p>	<p>– У нас некоторые тела притягиваются.</p>
<p>Что предлагаете выяснить?</p>	<p>– Какие заряженные тела притягиваются, а какие отталкиваются.</p>
<p>Выясняйте. У вас ещё 2–3 минуты.</p>	<p>– Мне кажется, что отталкиваются одинаковые тела.</p> <p>– А у меня и разные отталкиваются.</p>
<p>Дело в том, что заряды существуют двух видов. Те, которые получаются на одинаковых телах при одинаковом воздействии, конечно же, одинаковые, или, как говорят, одноимённые. Они отталкиваются. Одноимённые заряды можно создать и на разных телах.</p>	<p><i>Записывают:</i> одноимённо заряженные тела отталкиваются, разноимённо заряженные – притягиваются.</p>
<p>Ну а разноимённые заряды притягиваются. Запишите научный факт о взаимодействии заряженных тел. (<i>Учитель не диктует, а спрашивает нескольких человек: что записали? Затем выбирается лучшая формулировка.</i>)</p>	
<p><i>Учитель.</i> В истории описан замечательный случай, получивший своё название «Чулки Симмера» [5]. В 1759 г. англичанин Роберт Симмер описал следующие свои наблюдения. Он имел обыкновение носить две пары чулок: чёрные шерстяные для тепла и белые шёлковые для красоты. Снимая с ноги сразу оба чулка и выдёргивая один из другого, Симмер видел, как оба чулка раздуваются, воспроизводят форму ноги и притягиваются друг к другу. Однако чулки одного цвета, как чёрные, так и белые, друг от друга отталкиваются. Если держать в одной руке два белых, а в другой два чёрных чулка, то при</p>	

1	2
<p>сближении рук взаимное отталкивание чулок одного цвета и притяжение разноцветных приводит к забавной возне между ними, чулки противоположных цветов как бы набрасываются друг на друга и сплетаются в один причудливый клубок. Как объяснил Симмер такое поведение чулок, мы догадываемся, но я расскажу вам об этом позже.</p> <p>Те исследования, которые мы сегодня проводили, впервые целенаправленно провёл в 1733 г. французский физик Шарль Франсуа Дюфе (1698–1739). Он опубликовал во французском и в английском журналах статьи, в которых описал результаты своих опытов по электризации различных тел.</p> <p>Из многочисленных и остроумно поставленных экспериментов Дюфе сделал вывод, что существуют два вида электричества. Одно электричество возникает при натирании копала (ископаемой смолы), янтаря (тоже ископаемой смолы), воска, шёлка и многих других веществ. Другое появляется при натирании стекла, горного хрусталя, драгоценных камней, шерсти и других тел. Поэтому Дюфе назвал первое из них смоляным, а второе стеклянным электричеством. Тело, обладающее любым из двух видов электричества, притягивает к себе лёгкие тела (именно это свойство ещё с античных времен обозначалось словом <i>электричество</i>). Различие же состоит, как выяснил Дюфе, в том, что тела, заряженные одним и тем же электричеством (стеклянным или смоляным), отталкиваются друг от друга, но если одно тело заряжено стеклянным, а другое смоляным электричеством, то они взаимно притягиваются.</p> <p>Как видите, мы сегодня проделали путь науки об электричестве от древности к науке нового времени.</p>	
Завершающий этап (3 мин)	
<p><i>Учитель.</i> В наше время заряды делят на «положительные» и «отрицательные». Дома я попрошу вас прочесть параграфы учебника ... и выписать, какой заряд называется положительным, а какой – отрицательным.</p>	

Использование представленного в сценарии урока вида деятельности учащихся наиболее оправдано, когда при первой встрече с явлением неизвестны объекты, с которыми это явление происходит. Практика показала, что схема деятельности помогает исследовать явление быстро и интересно также и для учащихся, которые частично встречались с изучаемым явлением, например, на уроках естествознания. Несмотря на присутствие знакомых элементов в экспериментах, учитель может увлечь ребят идеей открытия новых законов, идеей проследовать за мыслью учёных и интересными новыми фактами из истории науки. Систематическое приучение к деятельности в рамках правил и схем позволяет в дальнейшем решать с учениками всё более сложные и интересные задачи, позволяет научить их думать как естествоиспытатели, что и требуется в новом образовательном стандарте.

Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Конкретизируйте структурную схему понятия о явлении для броуновского движения. Представьте для этого две схемы: одну – для конкретной ситуации открытия явления Броуном в 1827 г., другую – для понятия о явлении «броуновское движение» (в обобщённом виде).

2. Выпишите явления, изучаемые на уроке, описанном в примере 3.5. Конкретизируйте для каждого из этих явлений обобщённую схему деятельности по созданию понятия о явлении (кроме явления взаимодействия наэлектризованного тела с легкоподвижными телами). Ответ запишите в виде таблицы, аналогичной табл. 3.4.

3. Выделите структурные элементы понятия о явлении для явления электромагнитной индукции в ситуации первого опыта Фарадея. Сформулируйте ПЗ, решая которые можно создать понятие об этом явлении. Сформулируйте вопросы, побуждающие учащихся в ходе решения этих ПЗ подобрать необходимое оборудование.

Литература

1. *Ивашкина Д.А.* Расчёт параметров процессов, происходящих в цепях постоянного тока, содержащих катушки индуктивности // *Физика-ПС.* 2002. № 9. С. 4–19.

2. *Ивашкина Д.А.* Применение опорных схем для анализа условия задачи и путей решения // *Физика-ПС.* 2008. № 12. С. 5–6.

3. *Анофрикова С.В.* Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики. Ч. 1. Разработка уроков. М.: МПГУ, 2001.

4. *Томилин А.Н.* Мир электричества. М.: Дрофа, 2004.

5. *Кикоин А.К.* Два вида электричества (Из истории физики) // *Квант.* 1984. № 1. С. 34–36. – URL: http://www.physbook.ru/index.php/Kvant_Электричество.

6. *Ивашкина Д.А.* Освоение метода познания на уроках физики // *Физика-ПС.* 2011. № 14. С. 25–27.

Лекция 4

Формирование понятий о физических величинах на основе экспериментальной деятельности

Введение

У многих учителей физики может возникнуть вопрос, почему необходимо специально заниматься определением физических величин, если в учебниках есть определения авторов. Попробуем ответить на этот вопрос.

Ещё Д.И. Менделеев сказал: «Наука начинается там, где начинают измерять» [1]. Именно возможность количественной оценки свойств объектов, а также интенсивности явлений и взаимодействий даёт точные критерии истинности научных результатов. А количественный подход к выявлению закономерностей в окружающем мире является общим для всех наук естественно-научного цикла. Эти особенности научного знания находят своё отражение в основных документах ФГОС [2]. Целью изучения естественных наук в школе, согласно этому Стандарту, является среди прочего «овладение научным подходом к решению различных задач». Далее в документе говорится, что предметным результатом изучения физики должно стать «формирование представлений о закономерной связи и познаваемости явлений природы, об объективности научного знания; о системообразующей роли физики для развития других естественных наук, техники и технологий; научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики».

Ещё более конкретные указания мы встречаем в Примерной программе по физике [3], которая одной из задач обучения физике называет «понимание учащимися отличий научных данных от непроверенной информации». Среди метапредметных результатов обучения выделяется «приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников», что невозможно без критической оценки достоверности информации, а одним из главных критериев достоверности и является научный, то есть количественный подход. Но грамотное использование физических величин подразумевает понимание того, каким образом и с какой целью они появляются в науке. Такой подход не имеет ничего общего с воспроизведением выделенных в учебнике определений.

Умение вводить при необходимости физические величины является неотъемлемой частью деятельности по «открытию» закона и созданию

понятия о явлении. Именно при исследовании нового явления возникает вопрос об оценке интенсивности явления и зависимости её от различных факторов, что приводит к установлению устойчивых связей между физическими величинами (законом), а это, в свою очередь, создаёт предпосылки для введения новой величины – коэффициента пропорциональности в законе. Таким образом, все три вида деятельности оказываются тесно связаны между собой.

В лекции 1 мы выделили элементы физического знания в соответствии с новым Стандартом, среди которых важное место занимают *физические величины*. Напомним некоторые использованные положения: понятие «физическая величина» определено в ГОСТ 16263-70 так: «Физическая величина – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта» [4]. Большая часть физических величин, изучаемых в основной школе, связана с экспериментом, именно поэтому формирование понятий о физических величинах просто необходимо проводить через учебный эксперимент, который для учащихся надо планировать в строгом соответствии с законами научной и исследовательской деятельности.

4.1. Способы введения физических величин: обобщённая схема

Физические величины вводятся для количественной оценки того или иного свойства объектов или явления. При этом процесс разработки метода числовой оценки свойства может происходить одним из трёх сложившихся в человеческой практике методов [5].

Первый состоит в том, что из всего множества объектов, обладающих данным свойством, выбирается один, свойство которого принимается за единицу. Этот объект называется *мерой*. Тогда возможно прямое измерение свойства каждого объекта множества через установление числа мер, соответствующих свойству каждого объекта. Классическим примером числовой оценки свойства этим способом является измерение длины. За единицу длины может быть принята протяжённость любого объекта, то есть любой объект может быть мерой длины. Выбрав меру, можно простым прикладыванием её установить, во сколько раз протяжённость данного объекта больше или меньше протяжённости объекта-меры.

Второй метод состоит в том, что сначала выводится формула, связывающая искомую величину с величинами, поддающимися прямым

измерениям (уравнение связи между физическими величинами), и на основе этой формулы устанавливается единица искомой физической величины. Значение измеряемой величины вычисляют, подставляя в уравнение связи значения величин, полученные в результате прямых измерений. Полученное при этом значение физической величины показывает, во сколько раз эта величина больше или меньше её единицы. Этот метод называется косвенным измерением.

Третий метод введения единицы свойства объектов состоит в создании измерительного прибора и разработке метода градуировки его шкалы. Потребность в создании измерительного устройства возникает в ситуации, когда невозможно подобрать меру и составить уравнение связи. В этом случае подбирается явление, связанное причинно-следственной связью с тем, интенсивность которого нужно описать числом. Например, объём жидкости или газа изменяется при изменении их температуры, сила упругости изменяется при изменении величины деформации тела и так далее. Важно, чтобы для явления-причины был известен закон, связывающий явление-причину и явление-следствие. Если этот закон неизвестен, то выдвигают гипотезу о наличии зависимости определённого вида между интенсивностью явлений. Это позволяет сделать вывод о том, что, фиксируя значение одной величины, можно считать, что фиксируем значение другой, с нею связанной. Так, фиксируя объём жидкости при некоторой температуре, можно считать, что фиксируем температуру, при которой жидкость имеет этот объём; фиксируя удлинение пружины, можно считать, что фиксируем значение силы упругости, соответствующей этому удлинению. Выбор единицы величины, по всей видимости, связан с методом градуировки шкалы прибора. Измерения величин с помощью приборов тоже считаются прямыми.

С точки зрения видов деятельности, которые будут выполнять учащиеся на уроках физики для введения новой физической величины, способы введения величин должны быть классифицированы по-другому.

Так, первый и третий методы введения единицы физической величины очень близки. Оба они служат для прямых измерений, оба не требуют уравнения связи. Поскольку применение меры при введении физических величин в школьном курсе физики ограничено, пожалуй, только введением единицы длины, то нет смысла обучать учащихся этому методу. Поэтому первый и третий методы можно объединить в один: «через способ измерения».

А вот второй метод введения единицы («через формулу») более разнообразен. Во-первых, через уравнение связи вводятся все коэффициенты пропорциональности в законах. При этом следует только

выяснить, какое именно свойство объекта или явления характеризует данная величина. Во-вторых, уравнение связи используется для введения физических величин, характеризующих свойства, об интенсивности которых мы можем косвенно судить, но для оценки которых пока нет формулы. В таком случае мы должны сами ввести уравнение связи.

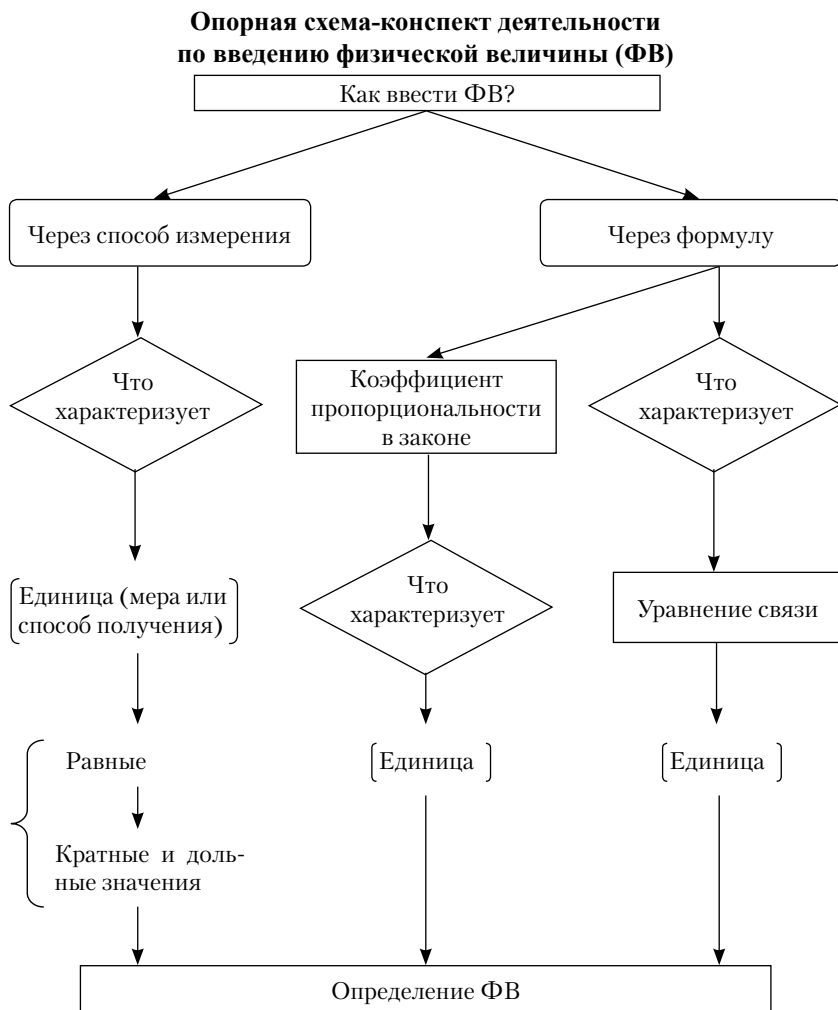
Таким образом, мы получаем снова три метода введения новых физических величин.

Метод **«через способ измерения»** используется в начале изучения каждого раздела физики для основных в этом разделе величин. На уроке «обнаруживается» свойство, которое необходимо оценить числом. Учитель с учениками фиксирует, какое именно свойство характеризует новая величина, и разрабатывается прибор для его численной оценки (данная деятельность предусматривает разработку методов сравнения, а также получения кратных и дольных единиц новой величины).

Метод **«через формулу»** применим для величин, которые могут быть связаны формулами с ранее введёнными величинами. Если на уроке «открывается» физический закон, появляется новая физическая величина – *коэффициент пропорциональности* в законе, и вновь встаёт вопрос о том, какое свойство она характеризует. Затем вводится единица и даётся определение новой величины. Другая логика введения новой величины получается в случае, когда мы на уроке хотим характеризовать новое свойство объекта или явления, но не знаем, как его интенсивность связана с другими величинами. В этом случае мы «придумываем» *уравнение связи*, опираясь на опытные факты зависимости нового свойства от других условий эксперимента. Новое уравнение связи даёт возможность ввести единицу величины и сформулировать определение новой величины.

Описанные здесь последовательности действий отражены в опорной схеме-конспекте 4.1.

Пример 4.1. Масса вводится в курсе физики 7-го класса [6] как мера инертности (кстати, в каком смысле здесь применено понятие «мера», не совсем понятно), то есть величина, характеризующая свойство тела «инертность». Инертность при этом – свойство тел по-разному менять свою скорость при взаимодействии. Если определить инертность более строго, как свойство тела изменять свою скорость за определённый конечный промежуток времени, то появляется возможность создания прибора или способа измерения инертной массы. Идея прибора: сравнивать скорости тел после взаимодействия, так как время воздействия первого тела на второе и второго на первое одинаково. Чем более инертно тело,



тем за больший промежуток времени тело изменяет свою скорость при взаимодействии, значит, тем меньше оно изменит свою скорость за одинаковое время. Приняв инертность одного из тел (эталоны) за единицу, необходимо придумать метод получения тела с такой же инертностью, а также кратных и дольных единиц. Отношение масс делаем равным обратному отношению изменений скоростей (или скоростей, если тела первоначально покоились): $\frac{m_2}{m_1} = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}$.

Экспериментально сравнивать инертность тел можно, например, используя «Прибор для изучения взаимодействия тел и удара шаров». В нём сравнение масс достигается сравнением путей, пройденных телами за одно и то же время. Реакцией на одновременное прохождение путей является вспышка лампочки. Возможен подобный эксперимент с помощью демонстрационного набора «Механика» лаборатории *L-micro*. Есть такая возможность и при использовании ворот в цифровой лаборатории «Архимед».

Введя таким образом массу, рассказываем про эталон массы (чем не мера?). Затем объясняем учащимся, что, поскольку для дальнейшего использования этот метод неудобен, для определения массы будем использовать рычажные весы, а вот принцип их действия станет ясен только к концу 7-го класса. В 9-м классе массу можно ввести более строго, с помощью сравнения ускорений. Возможен и способ введения массы как коэффициента пропорциональности во втором законе Ньютона, как это делается, например, в учебнике Г.Я. Мякишева [7].

Пример 4.2. Удельное сопротивление вводится как коэффициент пропорциональности в зависимости сопротивления проводника от его длины и площади сечения. Для выяснения физического смысла коэффициента пропорциональности (для обнаружения свойства, величина которого выражается коэффициентом пропорциональности) обычно поступают следующим образом:

- выражают коэффициент пропорциональности через величины, входящие в математическую запись закона;
- полагают все величины, входящие в составленную для коэффициента пропорциональности формулу, кроме одной, равными единицам;
- формулируют суждение о численном равенстве коэффициента пропорциональности физической величине, не равной единице, при условии, что все остальные величины равны их единицам.

Таким образом, удельное сопротивление вещества – это сопротивление проводника из этого вещества единичной длины и единичной площади сечения.

Три обобщённые схемы деятельности по созданию понятия о физической величине могут быть объединены в некоторый общий конспект для учащихся (схема 4.1), который может быть назван *опорной схемой-конспектом*. Это не полная схема по организации деятельности учащихся, а скорее конспективные краткие указания на предпринимаемые логические шаги по «открытию» физической величины. В таком виде схема-конспект является наглядной, и ученики легко могут ей следовать в своей деятельности.

4.2. Организация деятельности учащихся по формированию понятия о физической величине

4.2.1. Введение величин «через способ измерения»

В ходе изучения физики довольно часто бывает необходимо какое-либо свойство объекта оценить числом. Впервые оказавшись в такой ситуации, можно «придумать» прибор для измерения длины (протяжённости тел в определённом направлении), заодно введя понятие физической величины. Пример такого урока приведен ниже.

В дальнейшем при создании понятий о таких величинах следует придерживаться следующей логики:

- создаём (придумываем) прибор или способ, которым можно получить единицу изучаемого свойства;
- создаём (придумываем) способ получить равное свойство (единицу);
- создаём (придумываем) способ создать кратные (в 2, 3, 4, раза больше) и дольные ($1/2$, $1/5$, ...) единицы;
- формулируем определение физической величины, включая в него наименование свойства, которое оценивается числом (если это название не совпадает с названием величины), указание прибора или способа количественной оценки, наименование единицы величины.

Пример 4.3. Сценарий урока на тему «Физическая величина. Измерение длины. Шкала. Цена деления» (30 мин).

Предыстория урока и методические заметки.

Это третий урок в 7-м классе. На предыдущем уроке речь шла о методах физики. В ходе урока назывались различные свойства тел и обсуждалось, что в ходе *наблюдения* или *опыта* можно обнаружить данное свойство. Тогда и были даны названия свойствам «иметь протяжённость в определённом направлении» (длина, ширина, ...) и «занимать определённую часть пространства» (объём). Эти свойства наряду с другими были записаны в тетрадь.

Образовательная цель: подготовка учащихся, усвоивших следующие знания:

- физическая величина – это свойство, присущее множеству объектов с разной интенсивностью, для которого разработан метод её количественной оценки;
- мера – это один из множества объектов, обладающих определённым свойством, свойство которого принимается за единицу; это свойство меры называется единицей (измерения);
- длина – это физическая величина, характеризующая протяжённость тела в определённом направлении;

• объём – это физическая величина, характеризующая свойство тела занимать определённую часть пространства.

Цель по развитию учащихся: подготовка учащихся, овладевших следующими видами деятельности:

- создание понятий «физическая величина», «длина», «объём»;
- создание понятий «мера», «единица физической величины».

Оборудование и материалы: бруски из различных материалов, лампа настольная, свеча, лазерная указка, губка, лист бумаги, прозрачная стеклянная пластинка, половинка альбомного листа, разрезанного вдоль, на доске – рисунок (оптическая иллюзия). Россыпи фраз на каждого ученика или одна на экране или доске (см. комментарии).

Ход урока

Действия (объяснения, вопросы, выводы) учителя	Действия (ответы) учащихся
1	2
Организация деятельности учащихся по созданию понятий «физическая величина, меры, единицы (измерения) физической величины и шкалы» (25 мин)	
У меня на столе находится множество тел, которым присуще одно определённое свойство. Понаблюдайте, пожалуйста, и скажите, каким общим свойством обладают эти тела?	– Лампа, фонарь, маленькая лампочка, свечка – это тела, которые могут излучать свет. – Призма на столе, лист бумаги, молоко имеют белый цвет.
	– Все эти тела обладают свойством иметь протяжённость, занимать определённую часть пространства и располагаться в определённом месте пространства.
Хорошо. Скажите, одинаковым ли свойством излучать свет обладают эти тела?	– Нет, большая лампа светит ярче всех, а свечка даёт меньше света.
А может быть, маленькая лампочка светит ещё слабей?	– Возможно, я не знаю, как их сравнить.
Нам постоянно встречаются свойства объектов, которые присущи множеству объектов, но в разной степени. Давайте возьмём свойство иметь протяжённость. Как сравниваются протяжённости разных тел?	– Каждому телу сопоставляется величина, называемая длиной и представляемая в виде числа.

1	2
<p>Точно так же поступают и во всех других случаях. Для количественной оценки свойства, присущего множеству объектов, вводят физические величины и разрабатывают метод её измерения, то есть методы сопоставления этого свойства числовому ряду. Наверно, это не совсем понятно. Чтобы понять, надо всё это проделать самим.</p> <p>Итак, возьмём уже знакомое нам свойство – быть протяжённым в пространстве. Допустим, мы столкнулись с ним первый раз. Это свойство присуще множеству физических тел, но по-разному. Поэтому мы решили ввести новую физическую величину. Как мы её назовем?</p>	<p>– Длина тела в определённом направлении.</p>
<p>Хорошо. Допустим, нам надо сравнить протяжённость двух разных тел. Как это сделать?</p>	<p>– Приложить их друг к другу.</p>
<p>А если это невозможно: сравним, например, протяжённость вот в этом направлении шкафа, стоящего в конце класса, и доски, висящей на стене.</p>	<p>– Можно увидеть, что доска длиннее.</p>
<p>Ты доверился своим органам чувств, своему зрению, а всегда ли можно это делать? Посмотрите, у меня на доске два отрезка. Можете ли вы сказать, какой из них длиннее?</p>	<p>– Да, нижний.</p>
<p>На самом деле они одинаковы по протяжённости, а зрению, оказывается, можно доверять далеко не всегда. Так как же нам сравнить протяжённость шкафа и доски?</p>	<p>– Тогда нужно измерить.</p>
<p>Ты пользуешься тем, что кто-то когда-то придумал, как можно измерять. Но мы сами этого ещё не придумали. Так что тебе придется пояснить, что ты имеешь в виду.</p>	<p>– Надо взять какой-нибудь предмет и приложить его к шкафу с краю, а затем перекладывать так, чтобы начало этого предмета ложилось туда, где только что был его конец. Так мы узнаем, сколько раз этот предмет укладывается на ширине шкафа, а потом надо то же самое проделать с доской.</p>

1	2
<p>Другими словами, ты предложил принять протяжённость какого-то предмета за единицу и измерить протяжённость шкафа и доски в этой единице. Давайте назовём такой предмет мерой. Какую меру выберем?</p>	<p>– У меня есть незаточенный карандаш, его удобно прикладывать и отмечать начало и конец.</p>
<p>Хорошо, приступаем к измерениям. Ты будешь измерять длины доски и шкафа. А другие ребята могут сравнить длины учебника и тетради с помощью ластика или пенала и тетради с помощью точилки. При этом каждое наше действие мы будем проговаривать. Например, сосед слева будет рассказывать, что он делает, соседу справа.</p>	<p><i>Выполняют, проговаривая свои действия.</i></p>
<p>Кажется, у нас возникла проблема: карандаш не укладывается целое число раз вдоль фасада шкафа. А как дела у вас?</p>	<p>– Я выбрал меру – ластик, и у меня он тоже не укладывается целое число раз на тетради.</p>
<p>Как нам поступить? Какие будут предложения?</p>	<p>– Надо взять более мелкую меру, например, поделить её на равные части.</p>
<p>Для этого надо знать один закон, а именно: длина отрезка, составленного из двух примыкающих друг к другу отрезков, равна сумме их длин. Это означает, что длины отрезков можно складывать. Будьте внимательны: не для любого свойства это возможно!</p> <p>Итак, имея меру, мы можем сделать две вещи: приложить её несколько раз и получить большую меру, а также поделить её на несколько равных частей и получить меньшую меру. Мы получили две шкалы. Возникает вопрос, как определять по этой шкале длину тела?</p>	<p>– Надо поставить около некоторых отметок значения длины.</p>
<p>Что будут означать эти числа?</p>	<p>– Сколько раз уместается мера от 0 до данного деления. – Думаю, надо сказать: сколько раз уместается длина меры ...</p>

1	2
<p>Правильно. Если общее свойство у всех тел, которые мы сегодня рассматривали – это протяжённость, то мера – это просто тело, которое мы выбрали, а сравнивали мы все протяжённости с протяжённостью или длиной меры. Свойство меры в таком случае называется единицей измерения, она обозначается одной-двумя буквами для краткости записи и обязательно указывается на шкале.</p>	–
<p>Итак, шкала нашего прибора готова. Удобней ли измерять длину с её помощью, чем с помощью меры? Измерять с помощью шкалы мы будем учиться на следующем уроке. А чтобы шкалы у нас были по-настоящему разные, я попрошу вас дома изготовить прибор для измерения объёма жидкости из пластикового стаканчика. За меру возьмите столовую ложку.</p>	– Конечно, удобней. Теперь можно измерять длины и меньше, чем длина меры, и больше.
<p>Организация деятельности учащихся по составлению схемы действий по введению новой физической величины (10 мин)</p>	
<p>А сейчас давайте запишем систему действий, которые мы совершали по введению новой физической величины. Я начинаю: исходная ситуация – обнаружено свойство, присущее множеству объектов, но проявляющееся у них в разной степени.</p>	– Затем мы дали название новой физической величине и стали измерять.
<p>Дело в том, что название было нам уже известно. Обычно, пока не дан метод количественной оценки, о физической величине речь не идёт. Я думаю, надо записать, что мы поставили перед собой вопрос, или как мы будем его называть, познавательную задачу: Как оценить протяжённость тел количественно?</p>	– Тогда следующим пунктом будет разработка метода количественной оценки. – Затем надо подобрать термин для новой физической величины.
<p>И последнее – надо дать определение новой физической величины. Мы говорили о длине.</p>	– Длина – это физическая величина, характеризующая свойство тела иметь протяжённость в пространстве.
<p>Теперь давайте подробнее рассмотрим, как мы разработали метод количественной оценки новой ФВ.</p>	– Мы выбрали меру и с помощью неё построили шкалу.

1	2
Организация деятельности учащихся по созданию определений новых понятий (7–8 мин)	
Хорошо. План действий у нас записан. А теперь мы дадим определения тех понятий, которые на сегодняшнем уроке были для нас новыми. Сделаем это снова с помощью россыпи фраз. На экране под номерами даны фразы и слова для определения понятий «Физическая величина», «Мера» и «Единица измерения». Запишите номера предложенных словосочетаний в таком порядке, чтобы у нас получились определения. Зачитайте, что у вас получилось.	– Физическая величина – это свойство, присущее множеству объектов, но с разной интенсивностью, для которого разработан метод её количественной оценки. – Мера – это один из множества объектов, обладающих определённым свойством, свойство которого принимается за единицу; это свойство меры называется единицей измерения.
Завершающий этап (2–3 мин)	
Скажите, какие физические величины вы знаете из математики?	– Длина, площадь, объём, время.
Каковы их единицы измерения?	<i>Отвечают.</i>
Знаете ли вы меры, которые положены в основу этих единиц измерения?	–
<i>Домашнее задание:</i> создайте прибор для измерения объёма в столовых ложках или прибор для измерения длины в ластиках.	–

Комментарии. Определения понятий, предлагаемые на этом уроке, сложны для воспроизведения учащимися. Но они очень логичны, поэтому составить такие определения из готовой россыпи фраз несложно. Слайд презентации может выглядеть, например, так, как показано на рисунке 4.1. В таком случае ученики должны вписать в тетрадь только номера фраз для последующей проверки.

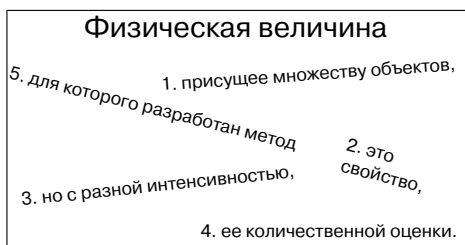


Рис. 4.1. Образец слайда презентации с россыпью фраз

Деятельность по созданию прибора сама по себе очень сложна. Поэтому помимо решения о том, как именно будет измеряться новая величина, учитель должен продумать вопрос мотивации учащихся к выполнению деятельности по созданию прибора. Так, создание прибора для измерения силы может занять несколько уроков (на одном уроке разрабатываются методы сравнения сил, на другом – «открывается» закон Гука в ходе создания динамометра). В следующем примере урока некоторые из аспектов создания динамометра уже решены на предыдущих уроках.

Пример 4.4. Сценарий урока на тему «Сила упругости. Закон Гука».

Предыстория урока и методические заметки.

На данный момент известно два способа введения физических величин (ФВ) – через способ измерения и через уравнение связи (в случае, когда ФВ является коэффициентом пропорциональности в законе). На уроке, предшествовавшем данному, было проведено обобщение по всем известным на данный момент ФВ (путь (или длина), время, скорость, масса, объём, плотность) и выделены два способа их введения. Эти два способа были оформлены в виде опорного конспекта и распечатаны заранее. Обсуждалось также, что необходимо ввести физическую величину для выражения интенсивности воздействия одного тела на другое при их взаимодействии. Из трёх известных видов взаимодействия (упругое, тяготение и трение – они рассматривались одновременно при знакомстве с взаимодействием тел) для создания прибора было выбрано упругое взаимодействие, так как для него легко было сделать шкалу – ведь имеет место деформация, то есть изменение формы. Легче всего изменяет свою форму и размер пружина или резинка. Выбрав произвольную «эталонную» пружинку, мы отметили единицу новой величины, тоже произвольно. Величину назвали силой. Затем было решено считать две силы равными, если при их одновременном действии на тело в противоположных направлениях тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно (как будто бы сил вообще нет). Было сформулировано «неполное» определение силы: «сила – физическая величина, характеризующая воздействие одного тела на другое». На дом было задано придумать, как создать силу, равную двум единицам силы.

Если учитель хочет оформить данное исследование как лабораторную работу и выставить оценки за неё, можно часть работы (название работы, таблицу, построение графика и вывод) сделать в тетради для лабораторных работ или «лабораторном журнале». В рабочей тетради, где учащиеся делают записи по ходу урока, в этом случае остаются тема урока, схемы получения кратных сил, вывод в виде математической записи закона (он делается после того, как лабораторные тетради сданы), после общего обсуждения.

В слабом классе возможен более медленный темп, тогда построение графика можно задать на дом, а на следующем уроке в классе обсудить вывод и продолжить работу по усвоению нового знания (решение задач).

Образовательная цель: подготовка учащихся, усвоивших следующие знания:

1) сила упругости прямо пропорциональна удлинению пружины (закон Гука);

2) жёсткость пружины – физическая величина, характеризующая способность пружины удлиняться под действием силы и равная отношению силы упругости, приложенной к пружине, к величине её удлинения;

3) сила – физическая величина, характеризующая воздействие одного тела на другое и измеряемая динамометром;

4) единица силы есть 1 ньютон (1 Н).

Цель по развитию учащихся: подготовка учащихся, овладевших следующими видами деятельности:

- градуирование динамометра с помощью меры – эталонной пружины с единичным удлинением;

- «открытие» закона Гука.

Оборудование: динамометр со шкалой, которая заклеена миллиметровой бумагой; четыре динамометра со шкалами, заклеенными обычной бумагой с отмеченной единицей силы; специальное лёгкое тело с возможностью крепления одного такого тела с одной стороны одного динамометра и одного, двух, трёх и четырёх – с другой; штативы с лапками и муфтами для удержания динамометров (рис. 4.2); компьютер, мультимедиапроектор, экран.

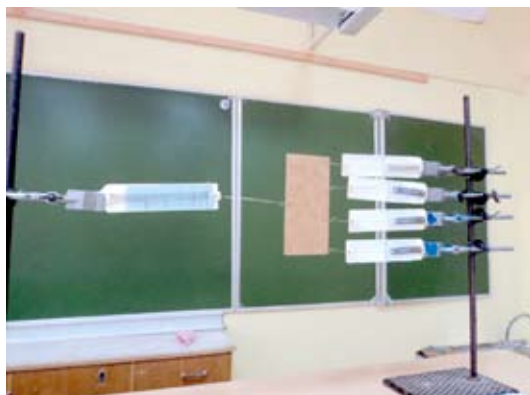
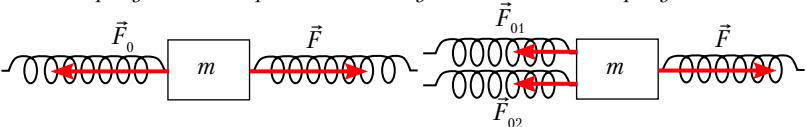

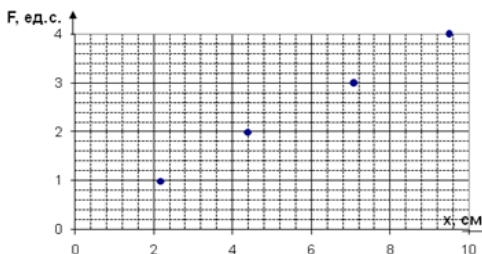


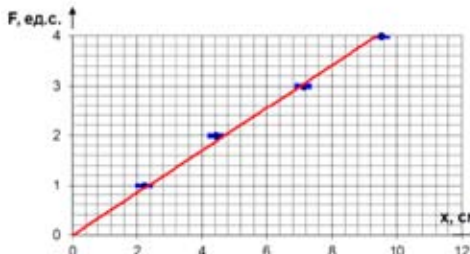
Рис. 4.2. Вид экспериментальной установки

Ход урока

Действия (объяснения, вопросы, выводы) учителя	Действия (ответы) учащихся
1	2
Актуализация знаний и умений учащихся (5–7 мин)	
<p>На прошлом уроке мы начали введение новой физической величины (ФВ). Как называется эта ФВ?</p> <p>Полностью ли определено понятие сила?</p> <p>Что мы должны сделать, чтобы правильно определить физическую величину?</p> <p>Какие способы введения ФВ нам знакомы?</p> <p>Приведите пример ФВ, которая вводится через меру или способ измерения.</p> <p>Приведите примеры ФВ, которые вводятся формулой.</p> <p>Как мы получили в этих случаях формулу ФВ?</p> <p>В каких законах коэффициенты пропорциональности стали этими ФВ (о которых вы говорили)?</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Сила. – Не полностью, не создали прибор. – Надо указать способ численной оценки. – Через создание способа измерения и «через формулу». – Длина, масса. – Скорость, плотность. – Выразили коэффициент пропорциональности в законе. – Закон равномерного движения и зависимость массы однородного тела от объёма.
<p>Итак, для введения новой ФВ, силы, мы решили использовать определённый вид воздействия. Какой?</p> <p>Какой способ введения единицы силы мы придумали?</p> <p>Как можно получить равную силу?</p> <p>На какие ещё вопросы следует ответить, чтобы ввести способ измерения ФВ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Упругое воздействие. – Пружина с определённым (единичным) удлинением. – Подействовать на тело двумя пружинами в противоположных направлениях. <p>Если при этом удлинение одной из пружин единичное, а тело остается в покое, значит, вторая пружина также растянута с силой, равной единице.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Как получить кратные и дольные единицы?
Организация деятельности учащихся по созданию кратных единиц силы (15 мин)	
<p>Как называется процесс получения шкалы прибора для измерения ФВ? Запишем тему урока: «Градуирование динамометра».</p> <p>На какой вопрос вы должны были ответить дома?</p>	<p><i>Отвечают. Записывают тему урока.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Как получить силу, вдвое большую единицы силы?

1	2
Какие есть идеи? Помогает составить план эксперимента.	Составляют план действий для получения силы, равной 2, 3 и 4 единицам.
<p>Учитель рисует или сопровождает обсуждение готовыми рисунками:</p> 	
<p>Вызывает учащихся для проведения отдельных измерений (одного – для «отметки» удлинения, соответствующего двум единицам силы, следующего – для отметки трёх единиц и так далее).</p> <p>Конечно, всем хочется попробовать себя в роли экспериментатора. Однако в реальных условиях эксперимента лучше, если с установкой работает один экспериментатор. Так измерения будут точней.</p>	<p>Проводят эксперимент (три ученика), остальные зарисовывают схему эксперимента для сил в три и четыре единицы.</p>
<p>Мотивационный этап для «открытия» закона Гука (5 мин)</p>	
<p>Теперь у меня есть прибор для измерения силы. Я могу проводить измерения с его помощью? Смогу ли я измерить силу, равную 0,5 единицы? Как получить дольные единицы?</p>	<p>– Да, надо только поделить расстояние между нулем и единицей, например, на 10 частей.</p>
<p>Вы уверены, что дольные единицы должны наноситься равномерно?</p>	<p>Нет.</p>
<p>Что надо сделать, чтобы убедиться в том, что шкала будет равномерной?</p>	<p>– Можно как-нибудь получить дольные единицы?</p>
<p>Чтобы шкала была равномерной, надо, чтобы зависимость силы от удлинения была прямо пропорциональной. Это означает, что удлинение во столько раз меньше, во сколько раз меньше сила. Что мы должны сделать, чтобы убедиться в этом?</p>	<p>– Надо построить график ... – Думаю, нужен график зависимости силы от удлинения.</p>
<p>Сформулируйте ПЗ.</p>	<p>Формулируют с помощью учителя: каков вид зависимости силы от удлинения пружины?</p>
<p>Запишите ПЗ в тетрадь.</p>	<p>Записывают.</p>

1	2
Организация деятельности учащихся по созданию закона Гука (15 мин)	
Дальше будем вести записи в лабораторном журнале. Запишите кратко тему работы: «Зависимости силы упругости от удлинения пружины»	<i>Записывают.</i>
Эксперимент у нас уже проведён. Какие измерения надо ещё произвести?	– Удлинение пружины.
<p><i>Показывает изображения шкалы на экране.</i></p>  <p>Как именно надо измерить удлинение?</p>	<i>Обсуждают.</i>
Значения каких величин будем вносить в таблицу?	<i>Обсуждают, составляют таблицу.</i>
Вызывает «регистратора» для снятия показаний, записывает значения в таблицу, отображающуюся на экране.	<i>«Регистратор» производит измерения, сообщая значения удлинений классу.</i>
<p>Значения каких величин будем отмечать по горизонтали и по вертикали? Как расположим лист миллиметровой бумаги? Какой масштаб по осям выберем?</p> <p><i>В процессе построения графика отвечает на вопросы отдельных учащихся. Затем показывает получившийся график на доске.</i></p> <p style="text-align: center;">Зависимость силы упругости от удлинения пружины</p> 	<i>Обсуждают, приступают к построению графика.</i>
Какой делаем вывод?	– Вывод пока нельзя сделать, надо отобразить погрешности.

1	2
<p>Давайте обсудим погрешность измерений. Регистраторы, с какой примерно точностью вы отмечали положение указателя? Стоял указатель в момент отметки или двигался? Какова инструментальная погрешность ученической линейки? Учитывая, что инструментальная погрешность составляет 1 мм, да ещё в процессе отметки могла быть сделана ошибка 1 мм, скажите, какова погрешность измерения удлинения пружины? Погрешность измерения силы мы не можем обозначить на графике, так как до сих пор не знаем, как отобразить на динамометре дольные единицы силы.</p>	<p><i>Обсуждают, отмечают погрешность на графике.</i></p>
<p><i>Отвечает на вопросы, отмечает погрешности на графике на доске, проводит прямую. Предлагает сделать вывод.</i></p> <p style="text-align: center;">Зависимость силы упругости от удлинения пружины</p> 	<p><i>Формулируют (см. п. 1 образовательной цели).</i></p>
<p>Можем ли мы высказать общее суждение в качестве вывода? Какое суждение мы можем высказать? Что надо сделать ещё, чтобы сформулировать закон? Сформулируйте «открытый» нами закон.</p>	<p>– Измерения проведены только для одной пружины, поэтому сделать общий вывод нельзя. – Надо провести аналогичные опыты с другими пружинами. <i>После сообщения учителя о том, что такие опыты проводились многократно (можно показать фотографии), формулируют закон (см. п.1 образовательной цели).</i></p>
<p>Запишите этот вывод в лабораторном журнале. Запишем в виде математического выражения в рабочей тетради: $F_{\text{упр}} \sim \Delta l$.</p>	<p><i>Отвечают, записывают.</i></p>

1	2
Как ещё можно записать получившийся закон?	– Можно ввести коэффициент пропорциональности.
Просто ввести коэффициент?	– Надо ввести физическую величину – коэффициент пропорциональности.
Какие ещё шаги надо предпринять для этого?	– Мы можем посмотреть в схему: надо выяснить, какое свойство характеризует новая физическая величина.
Она будет характеризовать свойство явления или свойство тела?	– Свойство тела – пружины.
Выразим новую физическую величину и посмотрим, какое свойство пружины она характеризует: $k = \frac{F_{\text{упр}}}{\Delta \ell}$. Допустим, у нас есть две пружины, обе растянуты с одинаковой силой, но удлинение первой меньше, чем второй. Что можно сказать про первую пружину?	– Она более твёрдая, жёсткая.
Новая физическая величина так и называется – <i>жёсткость пружины</i> и характеризует свойство пружины удлиняться под действием силы. Сформулируйте определение новой физической величины.	<i>Формулируют (см. п. 2 образовательной цели).</i>
Прямо пропорциональная зависимость позволяет нам создать шкалу для измерения сил, отмечая дольные единицы на шкале равномерно. Теперь мы можем записать определение силы.	– Сила – ФВ, характеризующая воздействие одного тела на другое и измеряемая динамометром. – Нам не хватает ещё единицы силы.
Мы с вами сегодня задали единицу силы произвольно – просто отметили её для конкретной пружины. Но, оказалось, что ещё одну основную единицу, такую как масса или время, вводить не нужно, так как сила связана с массой, изменением скорости и временем. Поэтому единицу силы выбирают так, чтобы она удобно сочеталась с другими единицами, удобно через них выражалась. Единица силы носит название 1 ньютон (1 Н) и равна $1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$. Связь с другими единицами очень важна. Если вы выразите массу в граммах, то силу в	<i>Записывают единицу силы и название Международной системы единиц.</i>

1	2
<p>Ньютонах вы уже не получите. Поэтому надо строго следить затем, чтобы масса выражалась в кг, а время в с. Для этого систему, в которую входят эти величины, выделили особо и назвали её Система единиц международная или система СИ. Запишите себе: система единиц международная (СИ): кг, м, с.</p>	
<p>Как выражается единица жёсткости в этой системе?</p>	<p><i>Отвечают, записывают.</i></p>
<p>Завершающий этап (3–5 мин)</p>	
<p>Нам сегодня посчастливилось сделать сразу два открытия. В физике это нечасто случается. Мы создали прибор. Как он называется? Значение какой ФВ можно измерить с его помощью? Какой вид воздействия используется для измерения? Параллельно с этой деятельностью мы открыли закон. Что за закон? Для какой силы? Как звучит? Что означает прямо пропорциональная зависимость? <i>Домашнее задание:</i> создайте динамометр, используя резинку. На отдельном листочке опишите по шагам ваши действия, которые вы при этом предпримите. Единицу силы выберите произвольно.</p>	<p><i>Отвечают на вопросы, записывают домашнее задание.</i></p>

Комментарии. Для градуирования динамометра удобно изготовить пластину из картона или пластмассы с отверстиями, расположенными, как показано на рис. 4.3.

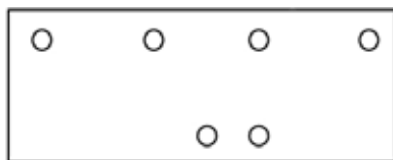


Рис. 4.3. Приспособление для градуировки динамометра

К отверстиям удобно прикрепить проволочные петельки. Расстояния между отверстиями должны быть достаточными для того, чтобы при креплении динамометров к двум соседним петелькам они не касались друг друга. Все динамометры с единичными отметками силы должны

размещаться при этом параллельно. Динамометр с миллиметровой бумагой крепится с другой стороны. Система отверстий позволяет уравнивать 1, 2, 3 и 4 динамометра единичной силы.

Домашнее задание – творческое, поскольку в учебнике А.В. Пёрышкина динамометр градуируется с использованием формулы для силы тяжести, а это возможно только после «открытия» закона для силы тяжести. При изготовлении динамометра ученики должны просто отложить равномерную шкалу (или, как и в классе, сначала создать несколько динамометров с единичным удлинением). За такое домашнее задание каждый сможет получить оценку. А динамометры пригодятся для выполнения дальнейших творческих домашних заданий.

Сила может быть введена и другим способом. В учебнике физики под ред. А.А. Пинского для классов с углублённым изучением физики [8] сила вводится через уравнение связи как произведение массы на ускорение.

4.2.2. Введение величины – коэффициент пропорциональности в законе

В этом случае создание понятия о физической величине является логическим продолжением деятельности по «открытию» закона. Единственное, что ещё остаётся сделать, это выяснить, какое свойство объекта или явления характеризует новая физическая величина. При этом часто в ходе выдвижения гипотез при «открытии» закона учащиеся уже высказывают гипотезу о зависимости исследуемой физической величины от того или иного свойства объекта или явления, которое, однако, на момент «открытия» закона ещё не характеризуется физической величиной.

Пример 4.5. Удельная теплота сгорания топлива.

После проговаривания исходной ситуации: «Количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива, может принимать различные значения» – учащиеся выдвигают гипотезы: количество выделяющейся теплоты может зависеть от массы топлива, от вида топлива. Однако пока они не знают физической величины, характеризующей теплотворную способность топлива. После экспериментального получения закона удельная теплота сгорания топлива вводится как коэффициент пропорциональности. Для выяснения физического смысла новой физической величины надо получить формулу (*уравнение связи*) для неё: $q = \frac{Q}{m}$. Если теперь

принять массу топлива за единицу, то видно, что новая физическая величина численно равна количеству теплоты, выделяемому 1 кг (одной единицей массы) топлива. Таким образом, новая величина характеризует свойство топлива выделять больше или меньше тепла при сгорании. Это и есть свойство, которое характеризует новая ФВ – удельная теплота сгорания топлива.

Таким образом, получив формулу для коэффициента пропорциональности, можно выяснить физический смысл вновь вводимой величины и свойство, которое она характеризует.

4.2.3. Введение физической величины через уравнение связи

Это очень частый, но достаточно сложный способ введения физических величин. В этом случае также очень важен мотивационный момент. В его качестве может выступить интересная задача, эксперимент или исторический факт. Последовательность шагов при выполнении этой деятельности следующая: формулируем, какое свойство объекта, явления или взаимодействия мы хотим характеризовать новой величиной; предполагаем, от каких параметров может зависеть интенсивность этого свойства и каким образом; составляем уравнение связи для новой физической величины с этими параметрами.

Пример 4.6. Фрагмент урока на тему «Давление. Единицы давления».

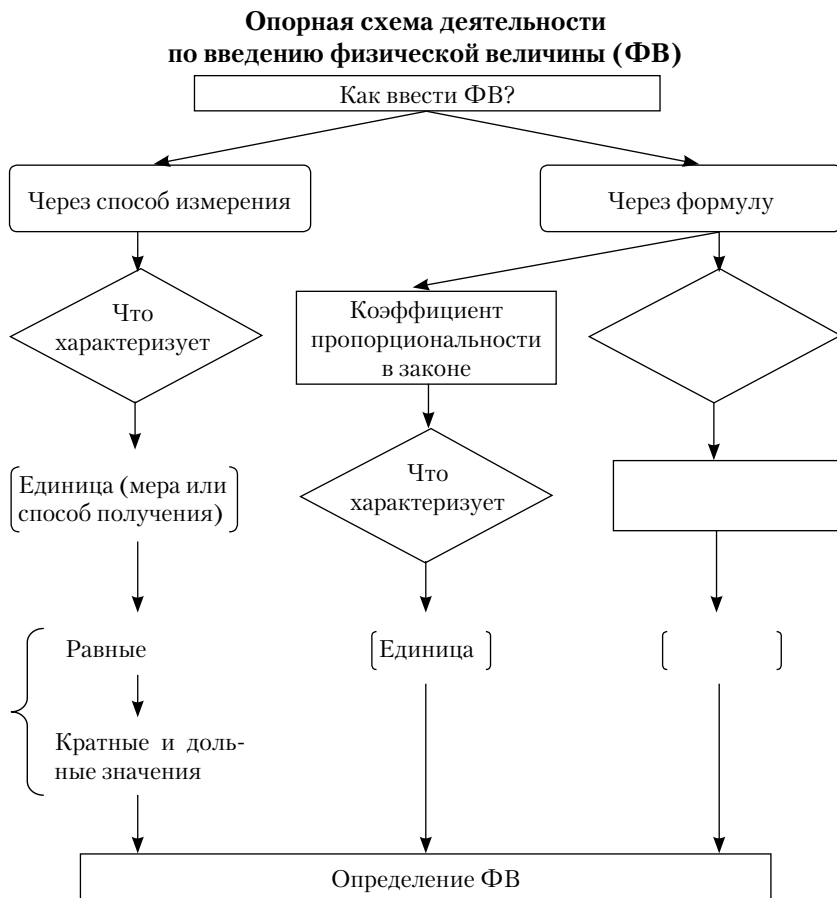
Комментарии. Описывается процесс создания обобщённой схемы для введения ФВ. Учащимся помогает заготовка опорной схемы 4.2. На одном из предыдущих уроков они с помощью учителя обобщили свой опыт введения новой физической величины, вписав элементы схемы в первые два столбика. Третий столбик остался свободным.

Образовательная цель: подготовка учащихся, усвоивших следующие знания:

- давление – это физическая величина, характеризующая интенсивность действия силы упругости на поверхность и равная отношению действующей силы к площади поверхности, на которую действует эта сила;
- единица давления – 1 паскаль (1 Па), равный отношению $1 \text{ Н} / 1 \text{ м}^2$.



Цель по развитию учащихся: подготовка учащихся, овладевших следующими видами деятельности: создавать понятие о физической величине «давление».

Оборудование: ванночка с песком, брусок с забитыми насквозь четырьмя гвоздями в качестве основания, изображение стульев.



Ход урока (фрагмент 20 мин)

Действия (объяснения, вопросы, выводы) учителя	Действия (ответы) учащихся
1	2
Актуализация знаний и действий	
В конце прошлой четверти у нас прошли школьные олимпиады по физике. Некоторые из вас не стали в них участвовать, считая, что олимпиадные задачи сложны.	<i>Обсуждают. Ответа не находят.</i>

1	2
<p>Да, некоторые из них действительно таковы. Но есть очень интересные задачи, ответ на которые может найти каждый, если немного подумает. Предлагаю вам одну из таких задач: «Мальчик утверждает, что вес однородно заполненного портфеля не превышает 40 Н. Как с помощью нитей и динамометра с пределом 20 Н проверить, не ошибся ли мальчик?»</p>	
<p>А если у вас есть два динамометра со шкалой до 20 Н?</p>	<p>– Надо подвесить портфель на двух динамометрах. Тогда вверх на портфель будут действовать две силы по 20 Н, а вниз – сила тяжести, равная 40 Н.</p>
<p>Другими словами, ты вместо одного динамометра использовал два, разложив тем самым силу на две равные. Верно.</p>	<p>– В случае с одним динамометром и верёвкой можно пропустить её под крышкой портфеля или под портфелем и связать. Одну верёвку держать, а ко второй прикрепить динамометр.</p>
<p>Мотивационный этап</p>	
<p>А теперь я хочу предложить вашему вниманию следующую проблему. У нас в кабинетах стоят ученические стулья двух видов (<i>показывает</i>).</p>	<p><i>Выдвигают версии.</i> – Я думаю, что стул с двумя ножками лучше, он меньше портит линолеум. – Я тоже так думаю.</p>
<p>Школа собирается приобретать новые стулья. Естественно, мы хотим выбрать лучшие. Что важно для администрации? Чтобы новые стулья как можно меньше портили линолеум. Можете ли вы, не заглядывая в классы, где стоят стулья разных типов, сказать, какие из этих стульев меньше влияют на состояние линолеума?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	

1	2
Скорей всего, вы понимаете это интуитивно или просто знаете из опыта. Можете ли вы объяснить это с точки зрения физики? Привлеките понятие силы.	– В любом случае стул действует на пол с силой, равной весу ученика и стула вместе.
Но в таком случае удобней был бы стул с четырьмя ножками. Ведь при этом вес ученика раскладывается на четыре силы: каждая ножка действует на пол с одной четвертой веса ученика. Разве не так?	– Да, а каждая ножка второго стула действует на пол с половиной веса ученика. Странно.
Действительно, может, все-таки ваша интуиция вас обманывает, и первый стул меньше портит линолеум?	– Да нет, думаю, что лучше второй стул, потому что его ножки имеют большее основание, но не могу этого объяснить ... – Я знаю. Можно представить себе такую ножку с большой площадью соприкосновения с полом как много-много ножек, каждая из них тогда действует с очень маленькой силой!
То есть вы утверждаете, что для целостности линолеума важна не только сила, но и площадь опоры?	– Да.
Хорошо. Давайте проверим. У меня есть брусок, который я могу поместить на поверхность двумя способами: либо шляпки гвоздей будут опираться на поверхность, либо острия. Как вы думаете, чем будет различаться действие гвоздей на поверхность в том и другом случае?	– Будет разная степень разрушения.
По сути, верно. Итак, в случае большей площади опоры действие на опору будет менее интенсивным. Так? Проверяем (<i>ставит конструкцию на песок двумя способами</i>). Ваши выводы.	– Действительно, в случае большей площади опоры действие на опору меньше.
Организация деятельности учащихся по созданию понятия о новой физической величине (на основе опорной схемы 4.2)	
Итак, мы установили, что при одной и той же силе воздействия интенсивность действия на поверхность будет разной. На какое наше последующее действие указывает такая исходная ситуация?	Мы должны ввести физическую величину.

1	2
Как мы можем это сделать? Посмотрите в свою схему введения физических величин. Каким из известных нам способов мы можем ввести величину?	– Никаким: у нас нет закона, и мы не привлекаем никакого нового прибора. – Может быть, у нас есть третий способ? Для него в схеме есть место.
Да, действительно. Посмотрите внимательно на схему, и попробуем установить, какие шаги мы должны выполнить.	– Вот этот ромбик означает «Что характеризует». Это мы уже установили: новая величина характеризует интенсивность действия на поверхность.
Следующий шаг?	– Значок здесь такой же, как у «введения коэффициента пропорциональности», но у нас нет закона!
Закона нет, а формулу или уравнение связи мы составить можем. Впишите в этот прямоугольник слова: «уравнение связи». От каких величин будет зависеть значение нашей новой величины?	– От силы и площади опоры.
Верно. Давайте составлять формулу. Как именно наша величина зависит от силы?	– Чем больше сила, тем больше эта величина.
Значит, поставим её в числитель. А куда поставим площадь?	– В знаменатель, потому что чем больше площадь, тем меньше наша величина.
Осталось назвать и обозначить новую физическую величину. Её называют давлением и, на мой взгляд, очень неудобно обозначают – буквой p . Вы должны писать её так, чтобы не путать с большой буквой P , которой мы обозначаем вес.	–

4.3. Логика построения исследовательской деятельности с использованием эксперимента

При выборе схемы деятельности по созданию понятия о физической величине следует руководствоваться логикой познания, выбранной учителем при изучении темы. Предположим, что изучение темы организовано вами в следующей логике:

обнаружено новое явление → создаём понятие о явлении → обнаружено, что интенсивность явления разная → создаём понятие

о физической величине, описывающей интенсивность явления → выясняем, от каких физических величин может зависеть интенсивность явления → выявляем устойчивые связи и отношения между физическими величинами, описывающими явление (открываем закон) → выясняем, какое свойство объектов описывает коэффициент пропорциональности, входящий в математическую запись закона. Тогда становится ясным, что понятие о физической величине, описывающей интенсивность явления, должно быть создано первым или третьим способом, а понятие о физической величине – коэффициенте пропорциональности – вторым (номер способа соответствует номеру столбца схемы 4.1).

Пример 4.7. Для изучения законов постоянного тока можно выбрать такую логику:

- рассматриваем действия тока, обнаруживаем, что интенсивность действия (например, свечение лампы или отклонение магнитной стрелки) может быть разной;
- создаём понятие о физической величине, характеризующей интенсивность тока, введя уравнение связи (сила тока);
- обнаруживаем, что источники тока создают разное по интенсивности электрическое поле (электрофорная машина и батарейка);
- создаём понятие о физической величине, характеризующей интенсивность поля, введя уравнение связи (напряжение);
- обнаруживаем, что сила тока на одном и том же участке цепи может принимать различные значения;
- выясняем, от каких физических величин может зависеть сила тока, «открываем» закон Ома для участка цепи;
- выясняем, какое свойство характеризует коэффициент пропорциональности, создаем понятие о физической величине – сопротивлении;
- обнаруживаем, что сопротивление разных проводников может быть различно;
- выясняем, от каких физических величин зависит сопротивление проводника, «открываем» закон;
- выясняем, какое свойство вещества характеризует коэффициент пропорциональности в математической записи закона $R \sim \frac{l}{S}$, создаём понятие о физической величине – удельном сопротивлении.

Не всегда создание понятия о физической величине можно осуществить на уроке в школе в полном объёме. Иногда нет возможности «опробовать» способ измерения новой физической величины. Но и в таких случаях можно обучать описываемому здесь виду деятельности.

Примеры 4.8, 4.9. При введении *количества теплоты* нет возможности задать способ количественной оценки этой величины. Однако в ходе эксперимента можно косвенно судить о получаемом телом количестве теплоты по времени горения спиртовки. А после «открытия» закона следует рассказать об опытах Джоуля, чтобы затем создать понятие об удельной теплоёмкости.

При создании понятия о *количестве электричества* (заряде) можно временно опустить вопрос о единице, но ввести способ измерения заряда в относительных единицах с помощью изолированного электроскопа. После создания понятия о силе тока следует вернуться к вопросу единиц и рассказать о методе количественной оценки силы тока по магнитному действию тока (опыт Ампера), а затем ввести единицу заряда.

Существуют и другие примеры, которые, мы надеемся, слушатели легко найдут сами.

Таким образом, в первых четырёх лекциях мы показали, как можно организовать процесс обучения, направленный на достижение метапредметных результатов, требуемых новым ФГОС, через формирование регулятивных универсальных учебных действий (целеполагание, планирование, прогнозирование и другие) на основе физического эксперимента. При этом вся деятельность учащихся может быть организована в рамках системно-деятельностного подхода и направлена на формирование основных элементов физического знания – законов, явлений, понятий.

Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Расставьте изучаемые в 7–9-м классах физические величины в таблице в соответствии со способом их возможного введения (некоторые величины могут оказаться в двух колонках, так как возможны альтернативные способы их введения).

Раздел	Через меру или способ измерения	Как коэффициент пропорциональности в законе	Через уравнение связи
Механические явления	$s, t,$	$v,$	$p,$
Тепловые явления	$Q,$		
Электрические явления			

2. Опишите не менее двух различных способов введения законов динамики (какие величины и как вводятся, в какой последовательности и в каком виде «открываются» законы).

Литература

1. Метрология. – URL: <http://www.support17.com/component/content/169.html?task=view>.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897. – URL: <http://standart.edu.ru/>.

3. Примерные программы основного общего образования. Физика. Естествознание. М.: Просвещение, 2010.

4. ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.

5. *Анофрикова С.В., Стефанова Г.П.* Практическая методика преподавания физики. Ч.1. Астрахань: Изд-во Астраханского ГПИ, 1995.

6. *Пёрышкин А.В.* Физика. 7 класс: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. М.: Дрофа, 2001.

7. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н.* Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2004.

8. *Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Е.* и др. Физика: Учеб. для 10 кл. с угл. изучением физики / Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2007.

9. *Ивашкина Д.А.* Как открыть закон? // Физика-ПС. 2010. № 20. С. 8–14.

10. *Ивашкина Д.А.* Психологическая основа новых технологий учебного эксперимента – это не так просто, но без этого нельзя. Видеоматериалы в разделе «Перестройка технологии фронтального эксперимента в основной школе в рамках требований Стандарта второго поколения» электронного приложения к журналу «Физика в школе». 2011. № 5.

Ответы на вопросы и задания для самостоятельной работы

Лекция 1

1. а) понятие о физической величине;
- б) научный факт;
- в) понятие об объекте;
- г) физический закон;
- д) научный факт;
- е) научный факт (качественный закон);
- ж) научный факт.

2. Возможные формулировки определений:

– Электростатическая индукция – это (физическое) явление перераспределения электрического заряда (изменение состояния) в проводнике (МО-I) под действием электростатического поля (МО-II и УВ).

– Преломление света – это физическое явление, при котором при переходе из одной прозрачной среды в другую (МО-II и УВ) изменяется направление (изменение состояния) хода светового луча (МО-I).

– Преломление света – это изменение направления распространения (изменение состояния) света (МО-I) при прохождении (УВ) через границу раздела двух сред (МО-II).

3. Примерный план выполнения упражнений:

- 2–4 упражнения – ученики по очереди предлагают свои определения, учитель или ещё один ученик каждый раз показывает на схеме логического правила определения понятий формулируемый структурный элемент: термин → род → вид (*этап формирования деятельности в материализованной форме – со зрительной опорой на схему*).

- 2–4 определения ученики рассказывают друг другу (сосед соседу), при этом один ученик формулирует, а другой – контролирует, чтобы все структурные элементы присутствовали в определении (*этап формирования деятельности во внешней речи*).

- 2–4 определения ученики самостоятельно пишут в своей тетради, а потом сообщают готовый вариант всему классу. Полученные определения обсуждаются и рецензируются (*этап формирования деятельности во внешней речи «про себя»*).

- 2 определения ученики пишут на листочках и сдают учителю (*этап формирования деятельности во внутренней речи – контрольный этап*).

В зависимости от уровня развития общеучебных навыков учащихся возможны самые разные варианты. Можно дать «нарезку» готового определения (достаточно сложного, например понятий «наблюдение» и «опыт»), чтобы они самостоятельно сложили его в соответствии со схемой

1.1 (*этап формирования деятельности в материализованной форме*). Можно организовать работу по группам, когда определение даёт группа после обсуждения (*этап формирования деятельности во внешней речи*). Можно перед контрольным этапом предложить составить несколько определений дома (*этап формирования деятельности во внешней речи «про себя»*). Таким образом, каждый этап можно удлинить или сократить.

4. Возможный список: равномерное движение – это движение, при котором:

- тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния;
- скорость тела остаётся постоянной;
- зависимость пути от времени – прямая линия, проходящая через начало координат;
- зависимость скорости от времени – прямая линия, параллельная оси времени;
- ускорение тела равно нулю;
- зависимость проекции ускорения от времени – прямая, совпадающая с осью времени.

Лекция 2

1. а) *Исходная ситуация*. Количество теплоты, выделяемое топливом при различных условиях, различно.

Познавательная задача (ПЗ). От каких физических величин, характеризующих свойства топлива, зависит выделяемое при его горении количество теплоты?

Возможные гипотезы: от количества топлива (массы); от рода топлива (нет физических величин).

б) *Исходная ситуация*. Сила тяжести, действующая на различные тела, различна.

Познавательная задача (ПЗ). От каких физических величин, характеризующих свойства тела, Земли и условия взаимодействия, зависит сила тяжести?

Возможные гипотезы: от массы тела; от массы Земли (изменить не можем); от расстояния до Земли; от скорости движения тела.

в) *Исходная ситуация*. Скорость испарения жидкости может быть различной в различных условиях.

Познавательная задача (ПЗ). От каких физических величин, характеризующих свойства жидкости, ее поверхности и условия испарения, зависит скорость испарения жидкости?

Возможные гипотезы: от площади поверхности; от рода жидкости (нет физических величин); от наличия ветра; от температуры.

г) *Исходная ситуация.* Расстояние от линзы до изображения на экране может принимать различные значения.

Познавательная задача (ПЗ). От каких физических величин, характеризующих линзу и условия получения изображения, зависит расстояние от линзы до изображения?

Возможные гипотезы: от фокусного расстояния линзы; от расстояния от линзы до предмета.

2. Примеры законов, которые можно «открыть» на качественном уровне (в скобках указано, по какой причине в школе трудно получить количественные соотношения):

- зависимость периода колебаний нитяного маятника от длины нити (зависимость слишком сложная);
- независимость периода колебаний нитяного маятника от массы груза;
- зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы (сложная зависимость) и жёсткости пружины (мало точек);
- зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря (по фактам, описанным в литературе, в том числе художественной);
- зависимость выталкивающей силы от плотности жидкости (мало доступных жидкостей с различающимися плотностями);
- зависимость скорости диффузии от температуры (нет простой методики определения скорости диффузии);
- зависимость скорости испарения от различных факторов;
- зависимость силы взаимодействия заряженных тел от расстояния между ними и заряда тел (невозможно измерять заряд, слишком малы расстояния, на которых происходит взаимодействие);
- зависимость силы индукционного тока от различных факторов (нет простых методик измерения скорости изменения потока, величины магнитной индукции и т.д.).

3. Ответ приведен в таблице.

Последовательность организации деятельности (см. п. 2.4)	Закон преломления света
ИС	Угол преломления может принимать различные значения
Формулирование ПЗ-I	От каких ФВ, характеризующих условия падения луча и свойства границы сред, зависит угол преломления?
Выдвижение гипотез	От угла падения; от свойств сред, в которых распространяется свет; от направления луча (от порядка прохождения сред)

Последовательность организации деятельности (см. п. 2.4)	Закон преломления света
Формулирование ПЗ № 1, 2, ...	<p>ПЗ № 1: Зависит ли угол преломления от угла падения?</p> <p>ПЗ № 2: Зависит ли угол преломления от свойств среды, в которой распространяется свет?</p> <p>ПЗ № 3: Зависит ли угол преломления от порядка прохождения сред?</p>
Идея эксперимента	<p>Серия 1. Для одной и той же пары сред (воздух–стекло) изменяем угол падения, измеряем угол преломления.</p> <p>Серия 2. Для одного и того же угла падения наблюдаем преломление луча на границе различных сред: воздух – пластмасса, воздух – вода.</p> <p>Серия 3. Для одного и того же угла падения измеряем угол преломления при переходе из воздуха в стекло и при переходе из стекла в воздух</p>
Решение ПЗ экспериментальным методом	<p>Серия 1. Фронтальный эксперимент.</p> <p>Серия 2. Демонстрационный эксперимент (по одному опыту для каждой пары сред при определённом угле падения, чтобы учащиеся могли сравнить результаты со своими).</p> <p>Серия 3. Фронтальный эксперимент при определённом угле падения, чтобы убедиться, что угол преломления изменяется при изменении порядка прохождения сред</p>
Формулирование частных выводов	<p>Вывод 1. Для пары сред воздух–стекло угол преломления зависит от угла падения.</p> <p>Вывод 2. При угле падения 20° угол преломления зависит от пары сред, на границе которых свет преломляется.</p> <p>Вывод 3. Для угла падения 30° угол преломления зависит от порядка прохождения сред. При изменении направления луча величины угла преломления и угла падения меняются местами</p>
Формулирование закона на качественном уровне	<p>После рассказа учителя многочисленных исторических опытах и возможности обобщения учащиеся приходят к выводу: угол преломления зависит от угла падения и от границы сред, на которой происходит преломление. При обращении порядка прохождения сред угол падения и угол преломления меняются местами</p>

Последовательность организации деятельности (см. п. 2.4)	Закон преломления света
Формулирование ПЗ-П	После «подсказки» учителя: Каков вид зависимости синуса угла преломления от синуса угла падения? Каков вид зависимости угла преломления от угла падения?
Обработка результатов каждой серии	Построение графика зависимости
Формулирование частных выводов	Для границы воздух–стекло синус угла преломления прямо пропорционален синусу угла падения
Формулирование общего вывода (закона)	После комментариев учителя: для границы раздела любых сред синус угла преломления прямо пропорционален синусу угла падения. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данной границы сред
Математическая запись закона	$\sin \beta \sim \sin \alpha \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$

Лекция 3

1. Возможные схемы приведены ниже.

Схема 1. Структурная схема единичного явления, обнаруженного Броуном.

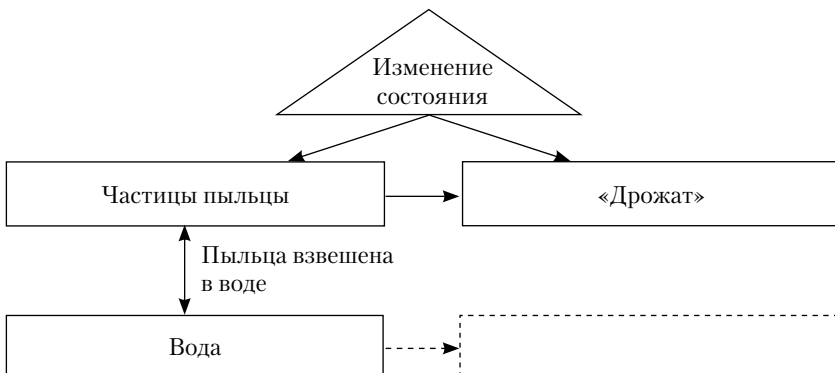
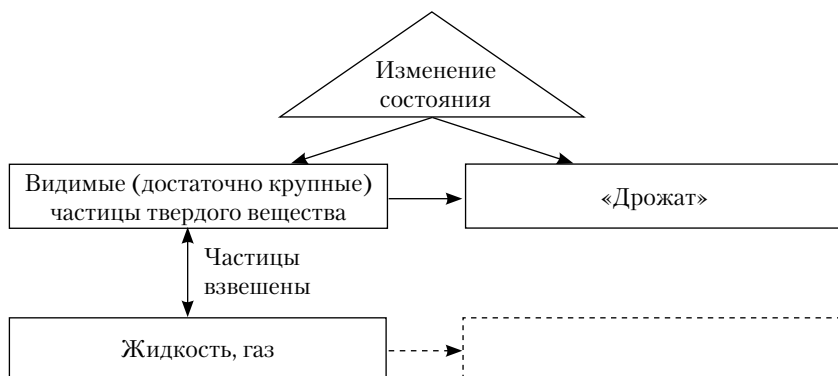


Схема 2. Структурная схема понятия о броуновском движении.



2. Конкретизация схемы для явлений, описанных в сценарии урока, приведена в таблице.

Пункты обобщённой схемы	Физическое явление	
	Электризация	Взаимодействие заряженных тел
ИС: в конкретной ситуации обнаружено новое явление	Эбонитовая палочка, потёртая о шерсть, приобретает свойство наэлектризованности	Две наэлектризованных полоски полиэтилена отталкиваются друг от друга
Формулирование общей ПЗ	Что это за явление?	Что это за явление?
Формулирование ПЗ № 1: с какими ещё объектами может происходить данное ФЯ?	ПЗ № 1: только ли эбонитовая палочка при трении о шерсть электризуется?	ПЗ № 1: только ли наэлектризованная полиэтиленовая полоска отталкивается от другой наэлектризованной полоски полиэтилена при сближении?
Решение ПЗ № 1 экспериментальным методом (идея: МО-I – меняем, МО-II и УВ – как в конкретной ситуации)	Решаем ПЗ № 1 (идея: ищем тела, которые тоже электризуются трением о шерсть)	Решаем ПЗ № 1 (идея: ищем тела, которые после электризации взаимодействуют с полиэтиленовой полоской при приближении)
Формулирование обобщённого знания о МО-I	Практически все тела (кроме металлических) электризуются трением о шерсть	Некоторые тела после электризации притягиваются к полоске, некоторые отталкиваются

Пункты обобщённой схемы	Физическое явление	
	Электризация	Взаимодействие заряженных тел
Формулирование ПЗ № 2: при воздействии каких ещё объектов может происходить данное ФЯ?	ПЗ № 2: электризуются ли тела при трении о другие тела, кроме шерсти?	ПЗ № 2: Только ли с наэлектризованной полиэтиленовой полоской взаимодействуют другие наэлектризованные тела?
Решение ПЗ № 2 экспериментальным методом (идея: МО-I – соответствует обобщённому знанию о МО-I, МО-II – меняем, УВ – как в конкретной ситуации)	Решаем ПЗ № 2 (идея: натираем одни тела другими, проверяем, становятся ли они наэлектризованными, в том числе тряпочки, листы бумаги, другое)	Решаем ПЗ № 2 (идея: исследуем взаимодействие между всеми наэлектризованными телами)
Формулирование обобщённого знания о МО-II	Любые вещества (кроме металлов) при трении друг о друга электризуются	Некоторые наэлектризованные тела притягиваются друг к другу, некоторые – отталкиваются
Формулирование ПЗ № 3: при каких условиях взаимодействие объектов вызывает данное явление?	ПЗ № 3: только ли при трении электризуются тела?	ПЗ № 3: только ли при приближении взаимодействуют наэлектризованные тела (видно, что они взаимодействуют)
Решение ПЗ № 3 экспериментальным методом (идея: МО-I и МО-II – соответствуют обобщённому знанию о МО-I и МО-II, УВ – меняем)	Решаем ПЗ № 3 (идея эксперимента: испытываем другие формы контакта: касание незаряженных, заряженных тел, пытаемся наэлектризовать без контакта)	Решаем ПЗ № 3 (идея: исследовать, взаимодействуют ли тела на большем расстоянии)
Формулирование обобщённого знания об УВ	Электризация возможна при резком ударе или касании о незаряженное тело, при касании заряженного тела, при освещении (из рассказа учителя)	Чем меньше расстояние, тем сильнее взаимодействуют тела. На большом расстоянии, возможно, тела также взаимодействуют, но взаимодействие слишком мало, чтобы его заметить
Формулирование физического суждения, содержащего обобщённое знание о МО-I, МО-II и УВ	Любые два тела при трении друг о друга электризуются, однако степень электризации различна	Наэлектризованные тела могут притягиваться или отталкиваться. Характер взаимодействия определяется условиями

Пункты обобщённой схемы	Физическое явление	
	Электризация	Взаимодействие заряженных тел
	При касании и ударе электризация также возможна, но не так эффективна. Возможна электризация при освещении	электризации. Интенсивность взаимодействия зависит от расстояния между телами
Подбор термина	Уже существует: электризация	Специального термина нет: взаимодействие заряженных тел
Определение понятия о ФЯ	Электризация – процесс приобретения телом электрических свойств при трении о другие тела или иным способом	–

3. Выделяем структурные элементы:

Материальный объект МО-I и характеристика его состояния	Катушка, замкнутая на гальванометр
Воздействующий объект (МО-II) и его характеристики	Магнит
Условия взаимодействия	Вдвигание магнита в отверстие катушки
Результат взаимодействия (для одного или обоих объектов)	Появление тока в катушке

Возможные формулировки познавательных задач и вопросов к учащимся:

- ПЗ № 1: только ли в катушке при вдвигании магнита возникает ток?

Вопросы к учащимся. Какие ещё объекты, в которых может возникнуть ток, можно использовать вместо катушки? (Одиночный контур, длинный провод, катушка-моток.)

- ПЗ № 2: только ли при вдвигании постоянного магнита в замкнутом контуре может возникнуть электрический ток?

Вопросы к учащимся. Какие ещё объекты можно использовать вместо постоянного магнита? какими свойствами эти тела (объекты) должны обладать? Какие ещё объекты могут создавать магнитное поле?

- ПЗ № 3: при каких ещё взаимных движениях и взаимодействиях источника магнитного поля и замкнутого контура в контуре может возникнуть электрический ток?

Вопросы к учащимся. Какие ещё изменения положений объектов можно произвести? Можно ли двигать не магнит, а контур? Как ещё можно изменить магнитное поле?

Лекция 4

1. Возможный вариант заполнения таблицы приведён ниже (в общепринятых обозначениях).

Раздел	Через меру или способ измерения	Как коэффициент пропорциональности в законе	Через уравнение связи
Механические явления	s, t, m, F	v, ρ, k, μ, g	p, V, A, N, M
Тепловые явления	Q	c, q, L, λ	–
Электрические явления	$q, (I)$	R, ρ	$I, (q), U$

2. Каждая строчка таблицы представляет собой определённую логику введения законов Ньютона. Все способы – из действующих учебников. В каждой строке цифрами 1 и 2 обозначены соотношения, описываемые в этой строке.

1-й способ: *Кикоин И.К., Кикоин А.К.* Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2000.

2-й способ: *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н.* Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2004.

3-й способ: *Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Е.* и др. Физика: Учеб. для 10 кл. с угл. изучением физики / Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2007.

Содержание

Лекция 1

Системно-деятельностный подход.

Теория поэтапного формирования умственных действий 4

Лекция 2

Обучение деятельности по «открытию» эмпирических законов 28

Лекция 3

Формирование понятий о физических явлениях

на основе экспериментальной деятельности 56

Лекция 4

Формирование понятий о физических величинах

на основе экспериментальной деятельности 82

Ответы на вопросы и задания для самостоятельной работы 111