

**А. А. Якута**

**СОСТАВ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ:  
ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ  
И ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИЙ,  
СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ  
И ПРАКТИКУМОВ**

**Учебное пособие  
для студентов магистратуры**

Москва  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова  
2017

УДК 372.853  
ББК 74.48

*Учебное издание*

**Якута Алексей Александрович. Состав, цели и задачи учебной дисциплины: основы методики подготовки и проведения лекций, семинарских занятий и практикумов.** / Учебное пособие для студентов магистратуры. М.: Физический факультет МГУ, 2017. – 98 с.

В пособии содержатся сведения, необходимые для самостоятельной работы студентов физических специальностей магистратуры, начинающих изучать курс «Общие вопросы методики преподавания физико-математических дисциплин». Пособие подготовлено на основе лекций, читаемых автором для студентов второго курса магистратуры (третий семестр обучения).

В первой главе кратко излагаются основные вопросы методики обучения предмету, преимущественно применительно к обучению физике. Затем рассматриваются составные части учебных дисциплин, структура лекций по дисциплинам общей физики, теоретической физики, математике, поддержка лекций по общей физике демонстрационным экспериментом, вопросы техники постановки и методики его показа, цели и задачи семинарских занятий и практикумов, их основные этапы. Далее обсуждаются различные системы оценивания учебных достижений обучающихся и способы мотивации, даются рекомендации по методике подготовки преподавателя к учебным занятиям и их проведения. В заключение сообщаются краткие сведения об истории развития преподавания физики в Московском университете.

Учебное пособие предназначено студентам магистратуры физических специальностей классических университетов, интересующихся теоретическими и прикладными вопросами методики преподавания физики.

Рецензент: д.п.н. доцент С. Б. Рыжиков.

Формат 60×90.16 Объем 6,25 печ. л.

© Физический факультет МГУ  
имени М.В. Ломоносова, 2017.  
© Якута А.А., 2017.

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	4
<b>Глава 1.</b> Принципы дидактики. Основные вопросы методики (кого, чему, зачем, когда и как учить?). Принципы построения учебных дисциплин. Линейная, концентрическая, блочная модели и примеры их применения. ....	6
<b>Глава 2.</b> Составные части учебной дисциплины. Теоретическая и практическая части и их содержание. Лекции, семинарские занятия, практикумы. Цели и задачи лекций. Структура лекции по дисциплинам общей физики, теоретической физики, математике. ....	16
<b>Глава 3.</b> Демонстрационный эксперимент на лекциях по общей физике. Цели и задачи, решаемые с помощью демонстрационного эксперимента. Техника постановки демонстрационного эксперимента. ....	26
<b>Глава 4.</b> Семинарские занятия. Цели и задачи семинарских занятий. Основные этапы семинарского занятия. Экспериментальные практикумы. Цели и задачи практикумов. Практикумы с натурным и модельным экспериментами. ....	44
<b>Глава 5.</b> Система оценивания учебных достижений обучающихся. Зачет, зачет с оценкой, экзамен, рейтинг. Мотивирование. ....	55
<b>Глава 6.</b> Лекция по дисциплине естественнонаучного профиля. Понятийный аппарат. Определения, формулировки, теоремы, математическая запись закономерностей. Демонстрационный эксперимент на лекции. Работа преподавателя с доской, с демонстрационным экспериментом. Работа преподавателя с аудиторией. Опорные фразы. Мнемонические правила. Аналогии. Подсказки. ....	69
<b>Глава 7.</b> Из истории физического образования в России. Преподавание физики в Московском университете. ....	79

# Введение

Курс «Общие вопросы методики преподавания физико-математических дисциплин» появился в программе магистратуры физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совсем недавно. Его появление связано с требованиями нового образовательного стандарта МГУ, согласно которому выпускники университета, успешно завершившие обучение в магистратуре, должны обладать профессиональной компетенцией, необходимой для ведения преподавательской работы в школе. Тем же образовательным стандартом предусмотрено обязательное прохождение студентами магистратуры педагогической практики. Поскольку при прохождении этой практики магистранты привлекаются к проведению учебных занятий в студенческих группах на 1-4 курсах бакалавриата физического факультета МГУ, то крайне важно, чтобы практиканты умели планировать, готовить и проводить все основные виды занятий не только для школьников, как того требует образовательный стандарт, но и для студентов младших курсов, причем как по общим физическим и математическим дисциплинам, так и в более узких рамках своей научной специализации.

Таким образом, выпускник магистратуры должен обладать знаниями, умениям и навыками, необходимыми для выполнения таких основных видов педагогической нагрузки, как лекция, семинарское занятие, практикум (общий или специальный), специальный курс, зачет или экзамен.

Каждый студент не раз бывал на лекциях, семинарах, практикумах, зачетах и экзаменах. Поэтому, казалось бы, студенты магистратуры должны достаточно хорошо представлять себе, что это такое. Но сидеть за партой в качестве студента и вести занятия самому – это, как показывает практика, совершенно разные вещи. Те, кто уже во время своего студенчества, пробовали преподавать в школе, понимают, про что идет речь.

Человек в процессе своего обучения, как в школе, так и в университете осваивает различные учебные дисциплины с помощью разных педагогов. И, как правило, по прошествии нескольких занятий у него формировалось вполне определенное мнение о преподавателе. При этом, характеризуя преподавателя, человек, как правило, имеет в виду не только оценку уровня владения преподавателем своим предметом, но и способность педагога преподнести обучающимся учебный материал. Оценивается (осознанно или подсознательно) структуризация материала при построении учебных занятий, понятность его изложения и наглядность преподнесения, построение речи, ее громкость и интонационные оттенки, характер ведения записей на доске, владение техникой демонстрационного эксперимента и т.п. Таким образом, преподаватель оценивается не только как источник знаний (в настоящее время в этой роли с большим успехом выступают книги и интернет), а еще и как своеобразный «инструмент», с помощью которого информация доносится до человека доступно, быстро, понятно, наглядно, структурировано, интересно.

Как же будущему преподавателю физики развивать в себе совокупность качеств, необходимых для педагогической деятельности?

Педагогическое мастерство, как и любое другое, не приходит к человеку само по себе – его необходимо выработать и тренировать. Но для того, чтобы приобрести педагогические навыки, нужно не только практиковаться (хотя без этого, конечно, нельзя обойтись, и поэтому программой обучения в магистратуре предусмотрена педагогическая практика). Очень полезно также ознакомиться с некоторыми теоретическими положениями педагогической науки, которая развивается уже в течение нескольких столетий, а также учесть немалый практический опыт работы предыдущих поколений педагогов.

**Основной целью данного пособия является формирование у студентов базисного набора знаний, относящихся к общей педагогике, методике преподавания, составу различных учебных дисциплин, а также общим целям преподавания этих дисциплин и задачам, решаемым преподавателем в ходе педагогического процесса.**

*Глава 1* посвящена рассмотрению основных принципов и вопросов дидактики, принципов построения учебных дисциплин и различным моделям учебных курсов.

*Глава 2* посвящена общему изучению основных составных частей учебных дисциплин и их содержанию. Рассматривается лекция как одна из основных составных частей учебной дисциплины, ее цели и задачи, структура лекции по дисциплинам общей физики, теоретической физики, математике.

*Глава 3* посвящена вопросам поддержки лекций по общей физике демонстрационными экспериментами. Рассматриваются цели и задачи, решаемые с помощью демонстрационного эксперимента, а также вопросы техники постановки и методики показа демонстрационного эксперимента.

*Глава 4* посвящена семинарским занятиям и экспериментальным практикумам по физике. Рассматриваются цели и задачи семинарских занятий и практикумов, их основные этапы.

*Глава 5* посвящена системам оценивания учебных достижений обучающихся – зачета, зачета с оценкой, экзамена, рейтинга и обсуждению возможных способов мотивации обучающихся.

*Глава 6* посвящена некоторым вопросам методики чтения лекций по дисциплинам естественнонаучного профиля. Рассматривается основное содержание лекции – понятийный аппарат, определения, формулировки, теоремы, математическая запись закономерностей, работа преподавателя с аудиторией, с доской, с демонстрационным экспериментом.

*Глава 7* содержит краткие сведения из истории физического образования в Московском университете.

# Глава 1.

## Принципы дидактики.

**Основные вопросы методики (кого, чему, зачем, когда и как учить?). Принципы построения учебных дисциплин. Линейная, концентрическая, блочная модели и примеры их применения.**

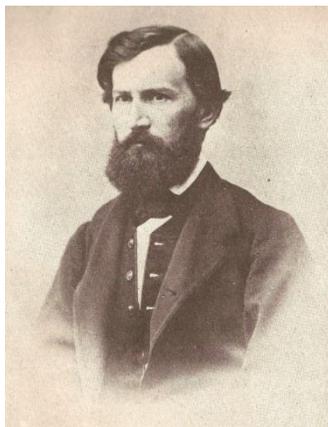
### §1. Принципы дидактики.

Сначала выясним, что же такое дидактика?

Изначально понятие «дидактика» было введено в педагогический арсенал известным немецким ученым Вольфгангом Ратке (1571–1635). В 1612 году он обратился к съезду немецких князей с особой памятной запиской, ставшей позднее известной как «Франкфуртский мемориал». В этой записке В. Ратке, в частности, излагал свои идеи в области школьного дела. Он рассматривал дидактику как искусство обучения – то есть фактически как практическое умение. Затем в течение столетий взгляды на дидактику постепенно менялись.



*Ян Амос Коменский.*



*Ушинский Константин Дмитриевич.*

Ян Амос Коменский (1592–1670) – чешский педагог, писатель, общественный деятель, епископ, основоположник научной педагогики – в своем трактате «Великая дидактика» писал, что «дидактика представляет собой универсальное искусство обучения всех всему».

Немецкий философ, психолог и педагог Иоганн Фридрих Герbart (1762–1841) понимал дидактику как целостную и непротиворечивую теорию «воспитывающего обучения», объединяя процесс преподавания и учения.

Отечественный педагог К.Д. Ушинский (1824–1870) – основоположник научной педагогики в России – выдвинул проблему установления связей между теорией и практикой обучения, и между психологией и педагогикой.

Наконец, американский философ и педагог Джон Дьюи (1859–1952) основное внимание обращал на активную роль ребенка в процессе обучения, на принцип практической деятельности на основе личного опыта.

*В настоящее время дидактику принято понимать как науку, изучающую взаимосвязь процесса образования и обучения как явлений объективной педагогической реальности, где обучение выступает в роли образовательного средства.*

Подчеркнем, что под образованием понимают социокультурный феномен, способствующий накоплению знаний, умений и навыков и интеллектуальному развитию человека. Обучение же является средством достижения целей образования.

Основные принципы дидактики были сформулированы Яном Коменским. В течение многих десятилетий они развивались, уточнялись и дополнялись. В настоящее время разные авторы формулируют их по-разному. Мы остановимся на следующем наборе дидактических принципов.

- 1) Научность.
- 2) Доступность.
- 3) Целенаправленность.
- 4) Систематичность и последовательность.
- 5) Наглядность.
- 6) Связь обучения с повседневной жизнью.
- 7) Сознательность и активность.
- 8) Прочность знаний.
- 9) Воспитание и развитие.

Рассмотрим более подробно каждый из этих принципов и сформулируем набор требований, которые нужно стараться выполнять при реализации данных принципов.

#### **Принцип научности.**

Сущность принципа: содержание обучения должно соответствовать реальным фактам и отражать современные научные данные.

Требования принципа: формирование у учащихся системы теоретических знаний, достоверность изучаемых фактов, подтвержденность действий и выводов педагога наукой.

#### **Принцип доступности.**

Сущность принципа: обучение должно соответствовать индивидуальным особенностям учащихся и имеющимся у них знаниям. Обучение не должно быть ни очень легким, ни чрезмерно сложным. Сам Ян Коменский писал, что обучение должно идти от простого к сложному, от известного к неизвестному, от близкого к далекому.

Требования принципа: нужно учитывать образовательный уровень, познавательные возможности, профессиональную подготовку, характер, опыт, возрастные особенности, потребности и интересы учащихся.

**Принцип целенаправленности.**

Сущность принципа: необходимо осознанно создавать организационные, методические и содержательные основы педагогического процесса, направляя его к достижению поставленных образовательных целей.

Требования принципа: содержание образовательного процесса должно соответствовать содержанию воспитания, а обучение должно соответствовать учебному плану, рассчитанному на достижение определенных результатов.

**Принцип систематичности и последовательности.**

Сущность принципа: необходимы особый порядок и система преподавания, основанные на логике и хронологии. Подача информации должна планироваться, информацию нужно разбивать на разделы, модули, темы, выделять идейные центры и главные понятия, расставлять акценты.

Требования принципа: учебный материал нужно преподносить в строгой логической последовательности, обеспечивая одновременное применение полученных знаний на практике с целью их закрепления.

**Принцип наглядности.**

Сущность принципа: при обучении нужно в первую очередь опираться на зрительные органы, и лишь затем – на остальные органы чувств. Поэтому крайне необходимо применять средства повышения наглядности. Следует помнить, что максимальной информативностью обладает именно зрение, т.к. оно даёт человеку 80% знаний. Сам Ян Коменский писал, что для восприятия зрением нужно предоставлять всё, что видимо, для восприятия слухом – всё, что слышимо, для восприятия вкусом – всё, что подлежит вкусу, для восприятия осязанием – всё, что доступно осязанию.

Требования принципа: демонстрирование нужно проводить в определенном порядке с определенными целями, разные виды наглядности должны сочетаться друг с другом, наблюдаемое должно подвергаться анализу учащимися и педагогом, наблюдаемое должно соответствовать культурным и психологическим требованиям.

**Принцип связи обучения с повседневной жизнью.**

Сущность принципа: процесс обучения нужно сопровождать постоянным сомнением и проверять теорию с помощью практических критериев. Данный принцип называют иначе *принципом связи теории с практикой*.

Требования принципа: учебно-воспитательный процесс должен иметь явно выраженную профессиональную направленность, в ходе процесса обучения нужно отвечать на вопросы – когда, где и как в жизни можно применить полученные знания.

### **Принцип сознательности и активности.**

Сущность принципа: поскольку в педагогическом процессе принимают участие две стороны – педагог и учащийся, то обе эти стороны должны быть активными, понимать свои цели. Педагог является субъектом образования, а учащийся – объектом.

Активность учащегося состоит в усвоении содержания обучения, в самостоятельной организации своей работы и проверке её результатов.

Активность педагога состоит в мотивации обучения, формировании познавательных склонностей учащегося, использовании разных методов обучения.

Требования принципа: учебный процесс должен быть двусторонним, педагог должен использовать активные формы обучения, побуждать учащихся к самостоятельности и творчеству, развивать у них научное мышление и навыки применения полученных знаний для решения практических задач.

### **Принцип прочности знаний.**

Сущность принципа: необходимо стремиться закрепить содержание обучения в сознании учащихся. Для этого нужно стимулировать стремление к познанию, систематически повторять материал, регулярно контролировать результаты обучения.

Требования принципа: знания должны повторяться и закрепляться, умения и навыки должны применяться на практике, должен обеспечиваться систематический контроль, сочетаемый с индивидуальным подходом к каждому учащемуся.

### **Принцип воспитания и развития.**

Сущность принципа: педагогический процесс должен быть направлен на воспитание и развитие в учащихся не только профессиональных качеств и навыков, но и на развитие учащегося как адекватной, здоровой, пристойной, состоятельной и живой личности. То есть образование и воспитание должны «идти рядом». Этот принцип называют также *принципом воспитывающего и развивающего обучения*.

Требования принципа: нужно помнить, что основные цели обучения – развивающая, воспитывающая и познавательная – должны достигаться параллельно.

В процессе обучения нужно формировать у учащихся научное мировоззрение, творческое мышление, инициативность и самостоятельность, способность делать выводы, сопоставлять, сравнивать, выделять основное, обобщать, анализировать.

Нужно также воспитывать дисциплинированность, навыки культурного поведения, интеллигентность, гуманность, гражданскую ответственность и патриотизм.

## §2. Основные вопросы методики обучения физике.

*Методика обучения предмету – это педагогическая наука, являющаяся приложением принципов дидактики к преподаванию данного учебного предмета.*

Мы будем говорить о методике обучения физике. Отметим, что данная наука является гуманитарной и прикладной. По этой причине разные ученые-методисты могут по-разному определять и понимать одни и те же понятия.

В качестве примера, отметим, что в разных пособиях даже для названия самой науки применяются различные понятия: «методика преподавания физики» и «методика обучения физике». При этом одни авторы считают, что эти понятия тождественны. Другие же полагают, что второе наименование является более точным, поскольку «преподавание» предполагает деятельность одного лишь учителя, а «обучение» – совместную педагогическую деятельность педагога и познавательную деятельность учащегося.

Отметим также, что зарубежные авторы, говоря о том, что в нашей стране принято называть методикой обучения, обычно употребляют общий термин «дидактика физики».

Задачей методики обучения физике является поиск ответов на следующие основные вопросы.

- 1) Зачем учить?
- 2) Кого учить?
- 3) Чему учить?
- 4) Когда учить?
- 5) Как учить?

Остановимся на них более подробно.

Первый вопрос – «Зачем учить?» – это вопрос о целях обучения. Данный вопрос является ключевым, от ответа на него зависят и ответы на все остальные вопросы. Действительно, любое образовательное учреждение выполняет социальный заказ. Это означает, что цели образования определяются запросами и потребностями общества (или государства). Поэтому развитие общества приводит к изменению целей обучения. Примером этого может служить, в частности, открытие новых специальностей в вузах, связанное с созданием и развитием новых отраслей промышленности.

Второй вопрос – «Кого учить?» – это вопрос о выборе объекта обучения (то есть контингента обучающихся). Вопрос этот также очень важен. Действительно, даже если цели обучения определены, то может оказаться, что не каждый учащийся в состоянии освоить предполагаемую учебную программу. По этой причине учебные программы делятся не только по профессиональному признаку, но и по уровням подготовки. Ряд учебных программ может быть освоен любым среднестатистическим человеком (такие программы называются общеобразовательными), а ряд учебных программ может быть освоен только людьми, имеющими предварительную специальную подготовку, а также определенные склонности и таланты (к таким программам относятся программы высшего образования).

Третий вопрос – «Чему учить?» – это вопрос о содержании обучения. Содержание обучения находится в прямой зависимости от целей обучения и от контингента обучающихся. Например, если одной из целей обучения является формирование у учащихся научного мировоззрения, то в содержание изучаемого курса должны включаться вопросы мировоззренческого характера. Если ставится цель сформировать у учащихся представления об основных направлениях современного научно-технического прогресса, то в содержание изучаемого курса должен быть включен материал, посвященный современным достижениям науки и техники, и т.п. Кроме того, на содержание учебного курса влияют психолого-педагогические и возрастные особенности обучающихся, а также уровень развития информационной среды, создающей возможности для «неформального» образования.

Четвертый вопрос – «Когда учить?» – это вопрос о выборе времени обучения. Если определены цели обучения, контингент обучающихся и содержание обучения, то следует решить, в какой именно момент наиболее целесообразно начинать и завершать данную конкретную учебную программу. Например, если целью обучения является подготовка специалистов в области теоретической механики, то в качестве потенциального контингента обучающихся следует рассматривать студентов 1-го или 2-го курсов университета или вуза инженерно-технической направленности, конкретное содержание обучения должно быть определено программой учебной дисциплины, а вот время обучения следует выбрать так, чтобы к моменту его начала обучающиеся уже освоили курсы математического анализа и обыкновенных дифференциальных уравнений.

Пятый вопрос – «Как учить?» – это вопрос о методах, средствах и формах обучения. Их следует выбирать в зависимости от целей и содержания обучения, учитывая контингент обучающихся. Например, если одной из целей обучения является формирование у обучающихся экспериментальных умений, то в содержание курса должно быть включено выполнение экспериментальных работ (практикум), использован экспериментальный метод обучения, применены специальные средства обучения (приборы) и т.п.

В методической науке считается, что цели, содержание, методы, средства и формы обучения образуют методическую систему, в которой ведущую роль играют цели обучения, определяя всю стратегию педагогической деятельности.

Методы, средства и формы обучения в их взаимосвязи составляют технологию обучения.

Методика обучения физике тесно связана с другими науками. Прежде всего, это собственно физика. Развитие физики приводит к необходимости включения в учебные курсы физики новых разделов, что, в свою очередь, приводит к дальнейшему развитию методики обучения, требует ее изменения и дополнения. Имеются также взаимосвязи с психологией, педагогикой, философией, логикой, техническими науками. В частности, развитие техниче-

ских наук приводит к созданию новых средств обучения, что приводит к необходимости разработки методики их применения в учебном процессе.

### **§3. Принципы построения учебных дисциплин.**

Как уже говорилось выше, содержание учебной дисциплины («Чему учить?») определяется целями обучения («Зачем учить?») и контингентом обучающихся («Кого учить?»). Для достижения наилучшего усвоения обучающимися содержания учебной дисциплины ее преподавание рекомендуется строить в соответствии с определенными принципами. Эти принципы находятся в соответствии с общими принципами дидактики. Рассмотрим их.

1) Для дисциплины должен быть определен изучаемый объект (один или несколько), цели его изучения и средства изучения, которые должны являться научными.

2) Начало изучения дисциплины должно базироваться на имеющихся у обучающихся знаниях, происходить «от простого к сложному», при обучении на каждом этапе должны использоваться только уже знакомые обучающимся понятия, модели, объекты и т.п.

3) Обучающимся должны быть понятны как цели обучения, так и средства достижения этих целей. В зависимости от целей обучения, преподаватель должен при необходимости разделить курс на теоретическую и практическую часть, каждая из которых, в свою очередь, также может быть разделена. (Например, курс «Механика» делится на теоретическую и практическую часть. Теоретическая часть включает в себя лекции и семинары, а практическая – лабораторный практикум.)

4) Учебный материал должен излагаться систематично и последовательно. Для этого преподаватель должен сначала разделить изучаемый материал на «блоки» (главы, разделы, темы и т.п.), расположенные в необходимой логической последовательности. Внутри каждого такого «блока» нужно произвести более мелкое структурное деление – на лекции (подразделы, пункты и т.п.). Далее каждую лекцию нужно разбить на параграфы (подпункты и т.п.). При изложении каждого параграфа необходимо выделять (акцентировать) новые понятия (определения, формулировки и т.п.), уделять должное внимание выводу формул, их объяснению, а также установлению связей изучаемого материала с изученными ранее вопросами.

5) Изложение материала должно быть наглядным. Поскольку основной объем информации учащиеся получают посредством зрения, то чем больше учащийся увидит (а не просто услышит!) на лекции, тем лучше. В зависимости от темы лекции подача материала должна сопровождаться демонстрацией слайдов, презентаций, видеозаписей, показом демонстрационных экспериментов. Самым важным элементом наглядности являются записи, которые преподаватель ведет на доске. В частности выводы формул нужно всегда стараться писать на доске от руки (один из ведущих профессоров физического факультета МГУ говорил, что «студент должен видеть, как рождается мысль»).

6) Необходимо рассказывать, как теоретические положения, излагаемые в ходе чтения курса, соотносятся с практикой. Применительно к курсу физики это означает, что нужно обязательно рассказывать студентам об экспериментах, с помощью которых были подтверждены те или иные положения теории, о проявлениях физических законов в повседневной жизни, а также о технических приложениях физических открытий.

7) Преподаватель должен стремиться излагать материал понятно, интересно и с пользой для учащегося. Для этого нужны определенные усилия, в частности – преподавателю необходимо готовиться к занятиям. Преподаватель должен заранее составить план изложения материала, подготовить элементы наглядности (презентации, демонстрации и т.п.), при необходимости – отрепетировать наиболее трудные моменты. Кроме того, преподаватель должен пытаться стимулировать обучающихся к усвоению и лучшему пониманию материала дисциплины – задавать вопросы, давать задания, завязывать короткие дискуссии и т.п.

8) Обязательной частью преподавания любой дисциплины является контроль усвоения материала. Этапы и способы контроля должны быть определены на этапе подготовки преподавания курса и заранее сообщены обучающимся. Контроль может быть промежуточным (по мере освоения дисциплины – это контрольные и самостоятельные работы, тесты, коллоквиумы) и итоговым (после завершения изучения дисциплины – это зачет либо экзамен).

9) Преподаватель должен стараться всегда подавать обучающимся положительный пример. При преподавании дисциплины нужно достойно выглядеть, следить за своей речью, уважительно относиться к обучающимся, адекватно реагировать на возможные происшествия, решительно пресекать некорректное поведение слушателей. При проведении промежуточного и итогового контроля следует проявлять справедливость и непредвзятость. В частности, преподаватель не должен строго наказывать студентов за незнание того материала, который он недостаточно детально и подробно знает сам. Одинаково плохо как ставить высокие оценки слабо подготовленным студентам, так и занижать оценки хорошим студентам.

Одновременное соблюдение этих принципов представляет собой непростую задачу для преподавателя и обычно приходит вместе с опытом ведения педагогической работы.

#### **§4. Линейная, концентрическая и блочная модели построения учебного курса.**

Учебный курс может быть выстроен преподавателем разными способами. Однако можно выделить три основных модели построения учебного курса, которые используются наиболее часто. Обсудим их и приведем примеры.

### 1) Линейная модель.

При такой модели построения курса все его темы изучаются в некоторой определенной логической последовательности, но каждая тема изучается за время преподавания курса *только один раз* – без возвращения к ней на более сложном или ином качественном уровне. Поэтому при такой модели построения курса каждая тема должна быть изучена полностью (с той степенью глубины, которая необходима для достижения поставленной цели обучения).

Название модели очевидно следует из ее сути. Такая модель хороша для преподавания сравнительно коротких курсов – продолжительностью от полу-года до двух лет. Примером линейного построения курса может служить трехсеместровый курс математического анализа, читаемый на физическом факультете МГУ.

### 2) Концентрическая модель.

При такой модели построения курса все его темы изучаются два раза (или даже большее число раз), но на каждом следующем этапе изучения повышается глубина освоения материала. Таким образом, при реализации концентрической модели построения курса каждая его тема изучается *несколько раз* – с целью достижения при каждом следующем изучении всё более и более высокой степени проникновения в изучаемый материал.

При реализации такой модели построения курса каждый этап изучения материала принято называть «концентром» – отсюда название модели. Концентрическая модель может применяться для преподавания сравнительно длинных курсов, изучение которых занимает три и более лет (хотя некоторые методисты считают, что таким образом принципиально возможно строить и короткие курсы, в том числе семестровые).

Классическим примером концентрического построения курса является школьный курс физики, изучение которого разделено на два концентриа. В рамках первого концентриа (7 – 9 класс) обучающиеся проходят первоначальное знакомство с основными разделами и понятиями физики, главными физическими законами, теоретическими и экспериментальными методами физической науки. Затем, в рамках второго концентриа (10 – 11 класс), происходит повторное изучение материала, но на более глубоком уровне. При этом второй концентри «наследует» от первого систему понятий, законов и методов, но заметно усложняется формируемая физическая картина мира, используются более сложные физические модели и математический аппарат, вводятся новые понятия, изучаются новые физические законы.

Еще одним примером, который демонстрирует несколько иной вариант реализации концентричности, служит школьный курс математики (который объединяет алгебру, геометрию и начала анализа). При реализации этого курса сначала вводится и рассматривается с привлечением простейших примеров понятийный аппарат. Затем, в старших классах, производится расширение свойств понятий, причем обращение к одним и тем же понятиям может производиться многократно. Например, понятие функции изначально вводится в средней школе, затем рассматриваются свойства элементарных

функций, затем в курсе геометрии вводятся тригонометрические функции, и в 10 – 11 классах функции (в том числе и тригонометрические) уже изучаются более строго и глубоко.

Примером концентрического построения курса в программе физического факультета МГУ может служить курс квантовой механики. Сначала студенты изучают курс «Введение в квантовую физику», затем – курс «Атомная физика» и, наконец – курс «Квантовая теория».

### 3) Блочная модель.

При такой модели построения курса все его темы разбиваются на отдельные изолированные блоки, и внутри каждого блока изложение ведется линейно. Главной особенностью такого построения курса является **изолированность тематических блоков**. При помощи такого построения курса можно достичь большей свободы изложения материала, варьируя наполняемость блоков материалом, сложность математического аппарата и т.п. В частности, разные блоки могут прослушивать разные обучающиеся, при этом преподаватель может корректировать степень трудности и популярности изложения материала. Более того, разные блоки могут читаться разными преподавателями. Таким образом, блочная модель является наиболее вариативной.

Блочная модель может применяться для преподавания курсов различной протяженности – от полугода до нескольких лет. Примером блочного построения курса может служить преподавание дисциплин научной специализации на кафедрах физического факультета МГУ. Весь материал этих дисциплин разбит на блоки, называемые «специальными курсами». Эти спецкурсы читаются разными преподавателями и посвящены различным тематически обособленным отделам дисциплины специализации.

### **Рекомендованная литература.**

1. Ситаров В.А. Дидактика. Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Под ред. В.А. Сластенина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 368 с.

2. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы. Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важевская и др.; Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.

## Глава 2.

### Составные части учебной дисциплины.

#### Теоретическая и практическая части и их содержание.

#### Лекции, семинарские занятия, практикумы.

#### Цели и задачи лекций. Структура лекции по дисциплинам общей физики, теоретической физики, математике.

### §1. Составные части учебной дисциплины.

Как уже говорилось ранее, преподавание каждой учебной дисциплины рекомендуется строить в соответствии с определенными принципами. Эти принципы были изложены выше. В частности, было отмечено, что в зависимости от целей обучения, преподаватель должен при необходимости разделить курс на части, каждая из которых, в свою очередь, также может быть разделена. Таким образом, встает вопрос о составных частях учебной дисциплины. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Традиционно учебную дисциплину подразделяют на две части – *теоретическую* и *практическую*. При реализации каждой части обязательным является проведение контроля усвоения материала.

В состав теоретической части дисциплины входят следующие формы учебной деятельности:

- лекции;
- семинарские занятия;
- дополнительные виды теоретической подготовки (консультации, конференции, круглые столы и т.п.).

В состав практической части дисциплины входят следующие формы учебной деятельности:

- общие лабораторные практикумы;
- специальные лабораторные практикумы;
- практики (учебная, производственная, полевая, преддипломная, педагогическая);
- дополнительные виды практической подготовки (экскурсии, наблюдения, работа с макетами, коллекциями, образцами оборудования и т.п.).

При реализации теоретической и практической частей дисциплины используют различные формы промежуточного и итогового контроля:

- опрос;
- самостоятельная работа;
- контрольная работа;
- тестирование;
- коллоквиум;
- проверка самостоятельно выполненных заданий;
- зачет;
- экзамен.

О системе оценивания учебных достижений обучающихся (то есть о различных формах контроля) будет более подробно рассказано в следующих лекциях.

## **§2. Лекции, семинарские занятия, практикумы.**

Остановимся более подробно на основных формах учебной деятельности, реализуемых в составе теоретической и практической частей учебной дисциплины.

### **Лекция.**

Лекция традиционно входит в состав теоретической части учебной дисциплины. Под лекцией обычно понимают учебное занятие, в течение которого преподаватель (лектор) излагает какой-либо материал (как правило, теоретический). Хотя, следует отметить, существуют и демонстрационные лекции, основным содержанием которых является показ лекционных демонстраций.

Отличительная особенность лекции – минимальная обратная связь между преподавателем и слушателями. Это имеет свои достоинства и недостатки.

К достоинствам лекции как формы учебной деятельности можно отнести следующее:

- лекцию может одновременно слушать большое число обучающихся;
- к чтению лекций можно привлечь наиболее квалифицированный преподавательский состав;
- во время чтения лекций есть возможность проводить демонстрацию различных физических явлений (показывать лекционные демонстрации).

К недостаткам лекции как формы учебной деятельности относятся:

- отсутствие у преподавателя возможности отвечать на вопросы большого числа обучающихся;
- отсутствие у преподавателя возможности осуществлять текущий контроль степени усвоения излагаемого материала;
- недостаточно сильная мотивация слушателей к посещению лекций (многие обучающиеся считают, что весь нужный материал достаточно хорошо изложен в учебниках, хотя, на самом деле, так бывает далеко не всегда).

Отметим, что лекции могут читаться и для небольшого числа слушателей – так зачастую бывает при преподавании специальных курсов на кафедрах физического факультета МГУ.

Поскольку лектор может одновременно обучать значительное число студентов, то на нем лежит большая ответственность. Именно от теоретической подготовленности лектора, от степени содержательной и методической проработки его лекций, от его заинтересованности, педагогического и ораторского мастерства зависит успех чтения лекций, а также степень их полезности для слушателей и качество усвоения ими лекционного материала. Но при этом не меньшая ответственность лежит и на студентах. Если лекции объективно читаются лектором хорошо, а студенты их не посещают, то это создает явный пробел в их образовании.

Чтение лекции в некоторой степени является искусством и, несомненно, требует определенного таланта. Совершенно не напрасно по отношению к лекторам часто применяют эпитет «талантливый».

### **Семинарское занятие.**

Семинарское занятие (сокращенно – семинар) также как и лекция входит в состав теоретической части учебной дисциплины. Под семинаром обычно понимают учебное занятие, проводимое преподавателем со сравнительно небольшой группой обучающихся (до 30-35 человек). Семинар предполагает существенно более тесное взаимодействие между преподавателем и обучающимися, то есть во время семинара между ними реализуется значительная обратная связь. Характерной особенностью семинара является значительная ориентированность на практику (то есть, несмотря на теоретический, в целом, характер занятия, в его ходе значительное внимание уделяется выработке практических умений и навыков). В ходе семинара преподаватель совместно с обучающимися участвуют в следующих формах учебной деятельности:

- повторение и обсуждение с целью наилучшего усвоения обучающимися основных теоретических положений, которые излагались на лекции;
- изучение новых теоретических положений – тех, которые лектор не успел или не имел возможности изложить во время лекции;
- применение знаний, полученных на лекции (применительно к семинарам по физике это – освоение методики решения физических задач и, собственно, решение этих задач);
- ответы на вопросы обучающихся.

Таким образом, в ходе семинара преподаватель как занимается закреплением ранее полученных обучающимися знаний, так и дает им новые знания. Обучающиеся, в свою очередь, имеют все возможности для того, чтобы получить ответы на вопросы, которые остались после прослушивания лекции, либо появились в результате обдумывания сведений, почерпнутых из лекций или из учебной литературы.

Также при проведении семинаров преподаватель, как правило, периодически осуществляет различные формы текущего контроля – такие как опрос, самостоятельная или контрольная работа.

При проведении семинаров преподаватель с целью повышения эффективности обучения может применять различные формы, средства и методы обучения. Особенно эффективным может быть такой прием, как проблемное обучение (преподаватель ставит проблему, которая обсуждается с участием всех обучающихся, и постепенно находится ответ на поставленный вопрос).

Отметим, что при проведении семинаров очень важно, чтобы сам преподаватель хорошо ориентировался в теме занятия, знал основные положения теории, уверенно владел приемами и методами решения задач, которые он разбирает со студентами.

## Практикум.

Основной формой учебной деятельности, реализуемой в составе практической части учебной дисциплины, является лабораторный практикум (другое название – «лабораторные работы»). Под практикумом обычно понимают занятие, проводимое в специально оборудованной лаборатории, в ходе которого обучающиеся знакомятся на практических примерах с изучаемыми явлениями, а также учатся использовать приборы, оборудование, различные образцы и т.п. Если говорить о физическом практикуме, то на соответствующих занятиях обучающиеся обычно учатся применять различные физические приборы, знакомятся с различными методами измерений физических величин, методиками обработки экспериментальных данных, учатся интерпретировать результаты измерений.

Физические практикумы принято делить на общие и специальные. В ходе общего практикума (обычно проводится для студентов младших курсов) обучающиеся знакомятся с основными экспериментальными методами и физическими приборами. Такой практикум обычно оформлен в виде логически завершенных задач, причем тематика этих задач перекликается с теоретическим материалом, изучаемым на лекциях и закрепляемым на семинарах. Специальные практикумы обычно предусмотрены для студентов старших курсов. В ходе этих практикумов студенты могут знакомиться на практике с вопросами, теоретически изучаемыми в ходе специальных курсов. Но бывают также и специальные практикумы, целиком посвященные освоению какого-либо сложного прибора или трудоемкой экспериментальной методики. В этом случае практикум может играть роль почти полноценного самостоятельного «предмета», поскольку приобретаемые в ходе такого практикума умения и навыки являются основной целью обучения. Все необходимые теоретические сведения в этом случае обучающиеся получают во время подготовки к работе с экспериментальным оборудованием.

Наполняемость учебной группы в практикуме обычно определяется возможностями учебной лаборатории. Практикум может проводиться как для больших студенческих групп (50-60 человек), так и для совсем небольших коллективов (2-3 человека). Последнее более характерно для специальных практикумов, проводимых на кафедрах в рамках узкой научной специализации.

Отличительной особенностью практикума является большой объем самостоятельной работы обучающегося, которая проходит под руководством или под контролем преподавателя. При проведении практикума преподаватель осуществляет следующие виды деятельности:

- проверяет готовность обучающегося к самостоятельной работе;
- выясняет уровень владения обучающимися теоретическим материалом, необходимым для практической работы;
- при необходимости излагает нужный теоретический материал;
- дает обучающимся инструкции и рекомендации по работе с экспериментальным оборудованием;

- дает обучающимся задание, которое они должны выполнить в ходе самостоятельной работы;
- контролирует самостоятельную работу обучающихся и, при необходимости, руководит ею;
- проверяет результаты выполнения обучающимися работы, обсуждает с обучающимися ее итоги.

Таким образом, практикум является необходимым продолжением теоретических форм учебной деятельности.

Завершая разговор о практической части учебной дисциплины, кратко остановимся на таких формах учебной деятельности, как практики и дополнительные виды практической подготовки.

Практикой называется форма практического обучения, реализуемая вне учебного заведения или непосредственно в нем, в ходе которой обучающиеся приобретают и закрепляют необходимые профессиональные умения и навыки. Принято выделять пять видов практики: учебная, производственная, полевая, преддипломная и педагогическая.

Учебная практика – это практика, целью которой является освоение новых практических навыков и приобретение новых практических умений. Примером учебной практики может служить работа в лаборатории научно-исследовательского института в должности лаборанта – не с целью получения научных результатов, а исключительно с целью приобретения навыков обращения с экспериментальным оборудованием. Фактически данный вид практики может рассматриваться как разновидность специального практикума.

Производственная практика – это работа в реальном трудовом коллективе в условиях реального производства (научного или какого-либо иного учреждения и т.п.). Целью такой практики является приобретение опыта применения полученных теоретических знаний в реальных производственных условиях.

Полевая практика – это практическая работа в природных условиях (в экспедициях, на метеостанциях, в обсерваториях, на исследовательских судах и т.п.). Целью такой практики является приобретение практических навыков сбора, хранения, систематизации и изучения научного материала для исследовательской работы.

Преддипломная практика – это совокупность практических видов деятельности, направленных на сбор, анализ и систематизацию материала, необходимого для подготовки выпускной квалификационной работы (диплома).

Наконец, педагогическая практика – это практическое ведение педагогической работы с целью приобретения и закрепления навыков преподавания различных учебных дисциплин.

Также существуют различные дополнительные виды практической подготовки обучающихся – это, как уже говорилось выше, экскурсии, наблюдения, работа с макетами, коллекциями, образцами оборудования и т.п. Этот список можно продолжать дальше. От практик эти виды практической подго-

товки отличаются эпизодичностью (т.е. практика обычно продолжается в течение 2-3 недель и более, а экскурсия, наблюдение или знакомство с лекцией может занимать всего лишь 2-3 часа).

### **§3. Цели и задачи лекций.**

Лекция является основной формой учебной деятельности, входящей в состав теоретической части учебной дисциплины. Вспомним, что под лекцией обычно понимают учебное занятие, в течение которого преподаватель (лектор) излагает какой-либо материал (как правило, теоретический). Обсудим основные цели и задачи лекции.

#### **Цели лекции.**

1) Закладывание общей основы для изучения учебной дисциплины:

- знакомство с изучаемым предметом, целью и средствами его изучения;
- введение базовых понятий;
- актуализация математического аппарата, необходимого для изучения дисциплины;
- знакомство со специфическими методами, необходимыми для изучения дисциплины.

2) Знакомство с новыми фактами:

- изложение научных фактов, описание явлений природы, экспериментов и т.п.;
- рассказ о научных открытиях и об истории их совершения;
- описание нерешенных научных проблем, относящихся к данной дисциплине, и возможных подходов к их решению.

3) Знакомство с новым теоретическим материалом:

- изучение формулировок базовых определений, теорем, свойств;
- проведение необходимых доказательств, выкладок, расчетов, обоснований;
- объяснение научных фактов, явлений природы, экспериментов и т.п.

4) Создание системы взаимосвязей с другими дисциплинами:

- рассказ о наличии связей между изучаемой дисциплиной и другими дисциплинами;
- примеры использования знаний, которые дает изучаемая дисциплина, в других дисциплинах.

5) Демонстрация связи изучаемой дисциплины с практикой:

- показ демонстрационных экспериментов;
- демонстрация видеозаписей, фотографий, рисунков и т.п., иллюстрирующих практическое применение получаемых обучающимися знаний;
- информирование обучающихся об областях применения получаемых знаний в науке, технике, промышленности.

Для успешного достижения данных целей преподаватель в ходе подготовки и чтения лекции должен эффективно решать следующие задачи.

## **Задачи, решаемые преподавателем в ходе подготовки и чтения лекции.**

### **1. Определение тематики лекции.**

Первым этапом подготовки лекции является определение ее тематики. Определяя «тему лекции», нужно стараться, чтобы весь необходимый материал по данной «теме» можно было изложить в течение одной лекции. Если это не получается, то следует разделить «тему» на две или три более мелких «тем». Обычно данная задача решается на этапе составления плана лекционного курса.

### **2. Составление плана лекции.**

После определения тематики лекции, нужно составить подробный план изложения материала в течение лекции. Следует определить, какие во время лекции нужно сформулировать определения, свойства, теоремы, законы и т.п. Также необходимо решить, какие утверждения следует доказать, а какие просто сообщить слушателям. Также нужно определить порядок изложения материала.

### **3. Подготовка конспекта лекции.**

Следующим этапом является подготовка конспекта лекции. Чем подробнее составлен конспект, тем проще затем читать лекцию. На этапе составления конспекта необходимо уделять большое внимание внутренней логике изложения материала. По мере составления конспекта обычно выявляются логические «дыры» в предполагаемом изложении материала, либо, наоборот, выявляются «лишние» сведения, без которых вполне можно обойтись без ущерба для понимания основного материала лекции.

### **4. Подбор демонстрационных экспериментов и иллюстративного материала.**

При составлении конспекта лекции следует определить, как будут иллюстрироваться излагаемые факты. Необходимо предусмотреть один или несколько способов повышения наглядности: это может быть показ демонстрационных экспериментов, видеозаписей, слайдов, презентаций и т.п.

### **5. Подбор наиболее важных и интересных научных фактов, примеров, описаний научных открытий и т.п.**

Важную роль в изложении материала лекции играет иллюстративная часть. Даже в отсутствие возможности показать демонстрационные эксперименты (например, при чтении лекций по математике) можно сопровождать свой рассказ описанием научных открытий, кратким изложением интересных фактов из биографий ученых, описанием наиболее важных научных экспериментов и т.п. Всё это сильно оживляет лекцию и дает студентам возможность «переключаться» во время лекции и периодически немного отдыхать.

### **6. Подбор наиболее ярких примеров применения получаемых знаний на практике.**

Не следует забывать о необходимости иллюстрировать связь теории с практикой. Для этого желательно по мере возможности приводить примеры

применения теоретических сведений и конкретных физических закономерностей в быту, промышленности, технике и т.п.

#### 7. Хронометрирование лекции и корректировка ее плана.

После того, как составлен конспект лекции, и в него включены все лекционные демонстрации, прочие иллюстрации, предусмотрено время на изложение интересных фактов, описание открытий и т.п., нужно определить – хватит ли времени, отведенного на чтение лекции, для реализации задуманного. Для этого нужно не спеша прочитать лекцию про себя и засесть необходимое для этого время. При наличии некоторого опыта можно таким образом примерно определить – хватает времени или нет. Если один и тот же лекционный курс читается ежегодно, то нужно после окончания каждой лекции делать пометку в конспекте, отмечая место, до которого доведено изложение. Эти пометки через год помогут при корректировке плана лекций.

#### 8. Подготовка презентации (при необходимости).

Если чтение лекции планируется сопровождать показом презентации, то эту презентацию нужно заранее подготовить. При подготовке презентации нужно учитывать следующие обстоятельства:

- показ презентации не должен являться основным содержанием лекции, поскольку весь необходимый материал в презентацию поместить невозможно, а студенты, кроме того, не имеют возможности эту презентацию переписать (т.к. показ занимает обычно гораздо меньше времени, чем рассказ или, тем более, запись);

- презентация не должна быть очень большой – исходить нужно из того, что на пояснение одного содержательного слайда нужно 2-3 минуты; это означает, что в презентации не должно содержаться более 45-50 слайдов в расчете на 90 минут лекционного времени;

- в презентацию нужно включать не всё подряд, а лишь основные факты и утверждения, на которых хочется сконцентрировать внимание, либо которые служат логическими центрами для излагаемых мыслей; в качестве элементов презентации хорошо подходят формулировки определений, законов и теорем, схемы, диаграммы, небольшие таблицы, портреты выдающихся ученых, фотографии экспериментальных установок и т.п.

- не следует включать в презентацию большой объем текста – прочитать его с экрана всё равно практически невозможно;

- презентации нужно оформлять как можно более понятно, не злоупотреблять различными спецэффектами, тенями, бегущей строкой, мультипликацией и т.п.

- при оформлении презентаций нужно использовать как можно более крупный шрифт, а также яркие цвета и нейтральный фон; например, не следует писать желтыми буквами на зеленом фоне и т.п.

#### 9. Репетиция, апробация (при необходимости).

В случае если нет достаточной уверенности в том, что какие-либо элементы лекции будут исполнены хорошо, необходимо заранее потренироваться – рассказать самому себе часть лекционного материала, самостоятельно

опробовать демонстрационное оборудование, проверить необходимое программное обеспечение и т.п.

#### 10. Ответственное исполнение обязанностей лектора.

Качественная подготовка лекции – лишь половина успеха. Не менее важным является ответственное исполнение лектором своих обязанностей. На лекции нельзя опаздывать. Читать лекцию нужно громким, но спокойным голосом. Нужно стараться как можно более доступно донести до слушателей содержание материала, четко формулировать мысли, понятно объяснять, при необходимости – отвечать на вопросы слушателей.

Следование этим рекомендациям позволяет сделать лекцию мероприятием, крайне полезным для обучающихся. Студенты обычно довольно охотно слушают хорошие лекции. А опытные лекторы говорят, что студентам нужно ходить на лекции для того, чтобы случайно не выучить к экзамену чего-нибудь лишнего. И в этой шутке, как обычно, есть большая доля правды.

### **§4. Структура лекции по различным дисциплинам.**

Рассмотрим основные элементы структуры лекций по общей физике, по теоретической физике, по математике. Все эти лекции имеют как общие элементы, так и отличия. Эти отличия обуславливаются использованием на соответствующих лекциях разных подходов к изучаемым предметам. Так, для лекции по общей физике характерно движение «от эксперимента к теории» – то есть сначала описываются физические явления и опыты, а затем формулируются физические законы, как обобщения результатов этих опытов. На лекциях по теоретической физике используется прямо противоположный подход – сначала формулируются некоторые общие принципы (такие, например, как принцип наименьшего действия), а из них уже «выводятся» все прочие физические закономерности (то есть реализуется схема «от общих принципов к конкретным закономерностям»). Наконец, на лекциях по математике сначала определяется система понятий (часто – весьма абстрактно), на основе которых далее путем доказательств строится всё дальнейшее изложение (схема «система понятий – аксиоматика – доказательства»). Эти три подхода являются отражением специфики соответствующих дисциплин. Курс общей физики строится примерно так, как развивалась экспериментальная физика (именно по этой причине это курс в зарубежных университетах так и называют – «курс экспериментальной физики»). Курс теоретической физики исповедует строгий математический подход, основанный на «аксиоматике», но эти «аксиомы» всё же имеют реальные экспериментальные основания. Курс же математики строится на чистой логике, поскольку математика, в отличие от физики, изучает вымышленные объекты, которых на самом деле в природе не существует (что ничуть не умаляет огромную роль математики в познании человеком природы).

Лекция по общей физике имеет следующую структуру.

- формулировка темы лекции;
- введение – краткий рассказ о том, что предстоит изучить, об истории изучения этого предмета, и т.п.;
- описание экспериментальных фактов и явлений, для объяснения которых будет строиться соответствующая физическая теория;
- формулировка основных определений;
- формулировка физических законов, обсуждение условий и границ их применимости;
- объяснение на основании сформулированных законов экспериментальных фактов и явлений, про которые шла речь выше;
- формулировка и математическое доказательство следствий физических законов;
- показ лекционных демонстраций (могут показываться в любой части лекции);
- установление связей изучаемых явлений с другими явлениями, эффектами, процессами.

Лекция по теоретической физике имеет следующую структуру.

- формулировка темы лекции;
- определение новых понятий;
- формулировка базовых принципов;
- формулировка теоретических идей и расчетных методов;
- вывод из базовых принципов различных физических закономерностей;
- обсуждение условий применимости полученных закономерностей;
- решение наиболее важных задач, иллюстрирующих применение полученных физических закономерностей, использование сформулированных идей и расчетных методов.

Лекция по математике имеет следующую структуру.

- формулировка темы лекции;
- формулировка аксиом и определений;
- формулировка теорем;
- доказательство теорем;
- показ конкретных практических приемов проведения вычислений;
- приведение примеров применения доказанных теорем и приемов вычислений;
- установление связей доказанных теорем с различными физическими теориями.

### **Рекомендованная литература.**

1. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Университетский курс общей физики. Механика. – М.: «Физматлит», 2011. – 472 с.
2. Квасников И.А. Термодинамика. В 3-х т. – М.: Едиториал УРСС, 2002.
3. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. В 2-х ч. М.: Физматлит, 2005.

## Глава 3.

### Демонстрационный эксперимент на лекциях по общей физике. Цели и задачи, решаемые с помощью демонстрационного эксперимента. Техника постановки демонстрационного эксперимента.

#### §1. Классификация демонстрационных физических экспериментов. Примеры.

Как уже говорилось ранее, важное место в структуре лекции по общей физике занимает демонстрационный физический эксперимент. Под демонстрационным физическим экспериментом обычно понимают эксперимент, который показывается во время проведения учебных занятий по физике с целью демонстрации основных особенностей одного или нескольких физических явлений, либо с целью демонстрации тех или иных физических закономерностей.

При дальнейшем изложении мы будем говорить просто о демонстрационном эксперименте, опуская слово «физический». Демонстрационный эксперимент, как правило, используется во время чтения лекций, но может с успехом применяться и при других формах проведения занятий – во время семинаров, докладов, презентаций, учебных экскурсий и т.д.

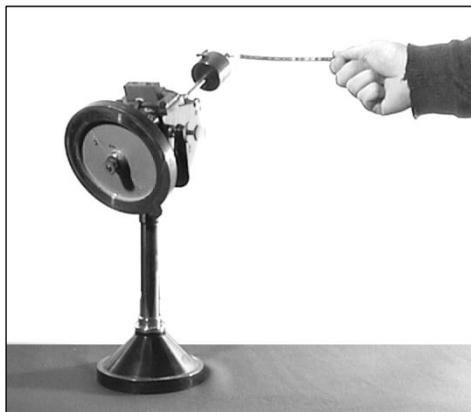
Демонстрационные эксперименты традиционно делятся на два типа – натурные и модельные. Натурные эксперименты, в свою очередь, делятся на качественные и количественные. Говоря про модельные эксперименты, обычно особо выделяют из них модельные компьютерные эксперименты. Также часто говорят про «классические» и «новые» эксперименты. Но эти понятия относительны, т.к. все вновь придуманные и введенные в обиход демонстрационные эксперименты рано или поздно становятся классическими. Остановимся подробнее на этой весьма условной классификации.

Под натурным экспериментом понимают такой эксперимент, в ходе которого наблюдаются реальные физические явления или физические закономерности. При постановке такого эксперимента используется реальное физическое оборудование. Оно может быть стандартным – например, могут использоваться штативы, горелки, источники питания, физические приборы (вольтметр, осциллограф, генератор) и т.п. Но оборудование может быть и специально изготовленным для показа конкретной демонстрации.

Натурные качественные эксперименты – это эксперименты, в ходе которых демонстрируется наличие какого-либо физического явления или какой-либо физической закономерности.

*Примером натурального качественного эксперимента, который демонстрирует наличие физического явления, может служить опыт для демонстрации вынужденной прецессии гироскопа. Она представляет собой специально изготовленный симметричный гироскоп с закрепленным центром масс.*

Гироскоп в данном случае является ротором высокооборотного электродвигателя, а для закрепления центра масс используется карданов подвес. Гироскоп может уравниваться путем перемещения вдоль оси ротора специального противовеса. Электродвигатель подсоединяется к источнику переменного напряжения, которым служит лабораторный автотрансформатор.

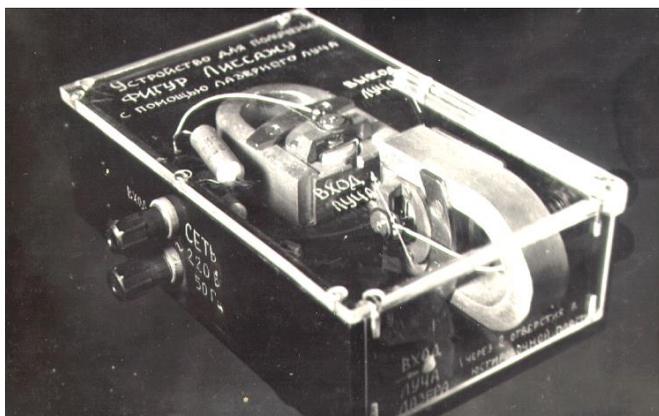


*Прибор для демонстрации вынужденной прецессии гироскопа.*

Если раскрутить уравновешенный гироскоп вокруг горизонтальной оси до достаточно высоких оборотов, а затем прикрепить к концу оси гироскопа небольшой дополнительный грузик, создав, таким образом, момент силы тяжести, то гироскоп начнет прецессировать вокруг вертикальной оси. При убираии грузика прецессия исчезает. Если вместо грузика прикрепить к концу оси гироскопа пружинку и тянуть за неё в различных направлениях, то можно продемонстрировать, что прецессия происходит вокруг направления постоянной силы, приложенной к гироскопу.

Отметим еще раз, что этот эксперимент демонстрирует наличие физического явления – вынужденной прецессии, а также ряд особенностей этого явления. Никаких закономерностей данного явления этот эксперимент не демонстрирует (например, остаются открытыми вопросы, зависит ли угловая скорость вынужденной прецессии от модуля силы, приложенной к оси гироскопа, от точки приложения этой силы и т.п. – хотя, при необходимости, с помощью данной экспериментальной установки можно получить ответы и на них).

**Примером натурального качественного эксперимента**, который демонстрирует **наличие физической закономерности**, может служить опыт по наблюдению фигур Лиссажу, получаемых при развертке лазерного луча в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Изображение фигур Лиссажу получается на стене лекционной аудитории с помощью развертки лазерного луча двумя специально приспособленными для этой цели головками от приборов магнитоэлектрической системы.

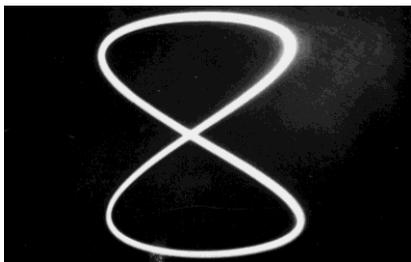


*Прибор для демонстрации фигур Лиссажу путем развертки лазерного луча в двух взаимно перпендикулярных направлениях.*

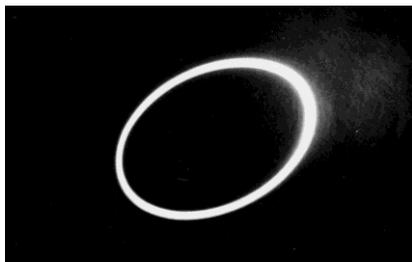
Прибор устроен следующим образом. К двум подвижным проволочным рамкам приклеены легкие зеркала. К рамкам подводится переменное напряжение, вследствие чего они могут совершать вынужденные колебания в поле постоянных магнитов. Луч лазера направляется на первое зеркало, прикрепленное к рамке, колеблющейся вокруг вертикальной оси. К этой рамке подводится напряжение сети (~220 В, 50 Гц). После отражения от первого зеркала луч попадает на второе зеркало, которое прикреплено к рамке, колеблющейся вокруг вертикальной оси. К этой рамке подводится переменное напряжение от генератора. Далее отраженный луч попадает на стену аудитории. При последовательном отражении от двух зеркал, которые колеблются в двух взаимно перпендикулярных направлениях, получается «развертка» луча – в результате он описывает на стене траекторию, являющуюся результатом сложения колебаний, происходящих в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Как известно, если эти колебания являются гармоническими, а их частоты – кратными, то траектории становятся замкнутыми и образуют так называемые фигуры Лиссажу. Поскольку в данном случае частота колебаний первой рамки прибора фиксирована и равна 50 Гц, то различные неподвижные фигуры Лиссажу наблюдаются на стене при подаче от генератора на вторую рамку гармонического напряжения, имеющего частоту 25 Гц, 50 Гц, 75 Гц, 100 Гц и т.д.

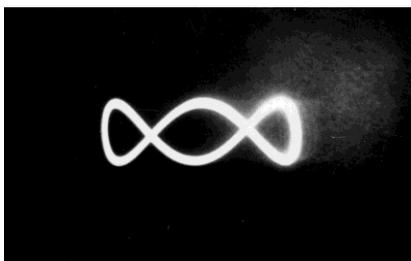
Отметим еще раз, что этот эксперимент демонстрирует физическую закономерность – возникновение замкнутых фигур Лиссажу при достижении кратности частот складываемых колебаний, а также особенности этих фигур при различных соотношениях частот.



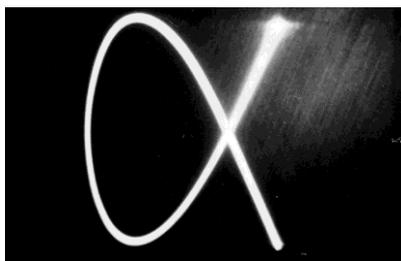
*Отношение частот  
по горизонтали и вертикали 2:1.*



*Отношение частот 1:1.*



*Отношение частот 1:3.*

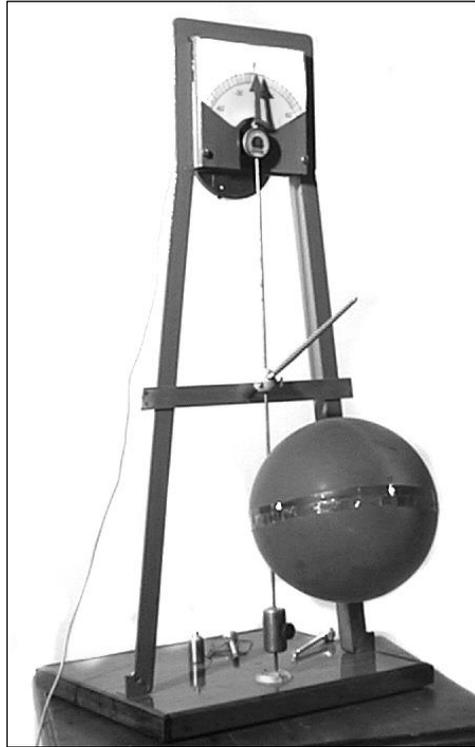


*Отношение частот 3:2.*

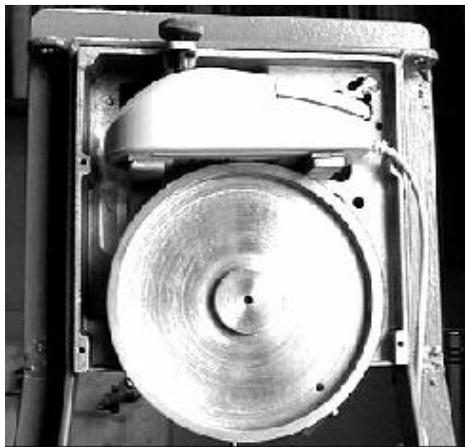
**Натурные количественные эксперименты** – это эксперименты, в ходе которых демонстрируется как само физическое явление, так и характеризующие его количественные закономерности. Данное направление демонстрационного эксперимента начало развиваться сравнительно недавно – одновременно с широким внедрением во все сферы жизни персональных компьютеров.

Эксперименты такого типа, как правило, являются автоматизированными. Для их постановки используются специально изготовленные установки, снабженные датчиками физических величин, а компьютер выполняет функции сбора данных, их обработки и отображения результатов эксперимента в удобном виде. Примером такого эксперимента может служить опыт по демонстрации зависимости частоты собственных колебаний от амплитуды при нелинейных колебаниях физического маятника.

Демонстрационная установка представляет собой массивную вертикальную раму, на которой установлен физический маятник, изготовленный из стержня и насаженного на его нижний конец груза. Положение груза на стержне можно изменять. К верхнему концу стержня прикреплена указательная стрелка, перемещающаяся при колебаниях маятника по шкале. Конструкция маятника допускает его максимальное отклонение на углы до  $\pm 60^\circ$ , а период его колебаний лежит в пределах от  $\sim 1$  с до  $\sim 1,5$  с. Для регистрации колебаний служит датчик углового перемещения, основой которого служит оптическая компьютерная «мышь». Общий вид установки и конструкция датчика показаны на рисунках.



*Установка для количественной демонстрации зависимости частоты собственных колебаний от амплитуды при нелинейных колебаниях физического маятника.*



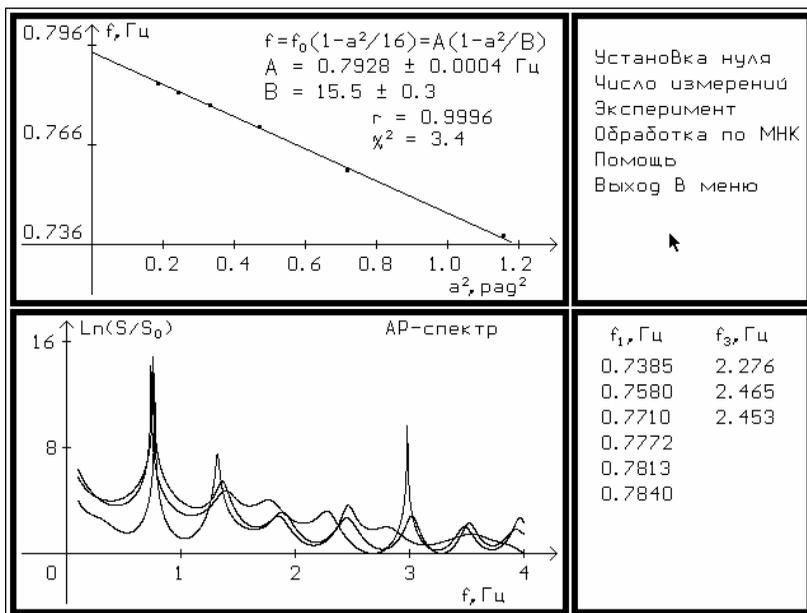
*Конструкция датчика углового перемещения.*

Основу системы регистрации составляет закрепленный на втором конце поворотной оси маятника дюралюминиевый цилиндр с полированной отражающей боковой поверхностью, на которой прикреплена прозрачная пластиковая пленка с нанесенной на ней периодической системой полос. Лучи света из выходного окна «мышь» попадают на боковую поверхность цилиндра, покрытую пленкой, отражаются от нее и поступают на приемник, расположенный в том же окне «мышь». При колебаниях маятника его ось поворачивается, система полос перемещается мимо окна «мышь», аналогично тому, как это происходит при движении «мышь» по плоской подложке. В результате с «мышь» на компьютер поступает цифровой сигнал, однозначно определяющий величину отклонения маятника. Измерение времени осуществляется системными часами компьютера. Таким способом можно экспериментально получать зависимость угловой координаты маятника  $\varphi$  от времени  $t$ . Дискретность данного датчика составляет  $1/16$  градуса (это позволяет надежно фиксировать детали колебаний, происходящих с амплитудой  $\sim 0,5^\circ$ ). Для постановки автоматизированных демонстрационных экспериментов с использованием данной установки создана специальная компьютерная программа.

Для демонстрации данного эксперимента маятник отклоняется на достаточно большой начальный угол ( $\sim 60^\circ$ ) и отпускается, после чего в течение 10 секунд записывается зависимость  $\varphi(t)$ . Вид этой зависимости во время ее записи можно наблюдать на мониторе. Затем путем обработки полученной зависимости определяются амплитуда колебаний  $a$  (это можно сделать с достаточно высокой точностью из-за малости затухания) и соответствующая ей частота колебаний  $f$ . За время, в течение которого происходит обработка ( $\sim 20 \div 30$  секунд), амплитуда колебаний немного уменьшается из-за затухания. Поэтому, проводя эти измерения несколько раз подряд, можно получить набор частот колебаний, соответствующих различным амплитудам. Как известно, зависимость частоты колебаний маятника  $f$  от их амплитуды  $a$  (в радианах) при не очень больших углах отклонения описывается формулой  $f = f_0(1 - a^2/16)$ , где  $f_0$  – частота малых (изохронных) колебаний.

Целью данного эксперимента является проверка этой формулы. Поэтому в ходе демонстрации последовательно получаемые экспериментальные точки автоматически отображаются на графике, по осям которого откладываются квадрат амплитуды и соответствующая ей частота. Эти оси показываются на мониторе в течение всех промежутков времени, пока идет обработка очередной записанной зависимости  $\varphi(t)$ . Кроме того, на монитор с использованием различных цветов выводятся спектры обрабатываемых зависимостей  $\varphi(t)$  и отображаются частоты основной и третьей гармоник. Число анализируемых зависимостей  $\varphi(t)$ , используемых для получения зависимости  $f(a^2)$ , задается перед началом демонстрации. По окончании эксперимента на мониторе отображается весь набор экспериментально полученных точек зависимости  $f(a^2)$ . После его обработки по МНК строится аппроксимирующая эту зависимость прямая. Здесь же выводятся значения коэффициента корреляции, па-

раметра  $\chi^2$ , и значения констант  $A$  и  $B$  в зависимости  $f = A(1 - a^2/B)$ . Согласно приведенной выше формуле, константа  $B$  должна быть равна 16. Константа  $A$  дает значение частоты колебаний при малых амплитудах. Пример результатов, получаемых при проведении данного количественного демонстрационного эксперимента, показан на рисунке.



*Результат количественной демонстрации зависимости частоты собственных колебаний от амплитуды при нелинейных колебаниях физического маятника.*

Следует отметить, что грань между натурным качественным экспериментом, который демонстрирует наличие физической закономерности, и натурным количественным экспериментом является довольно зыбкой. Основное различие состоит в том, что в экспериментах первого типа наличие физической закономерности устанавливается «на глаз» – т.е. качественно. При проведении же экспериментов второго типа физическая закономерность проверяется более аккуратно и точно.

Отметим, что далеко не любой физический эксперимент может использоваться в качестве демонстрационного. Для того чтобы быть таковым, эксперимент должен удовлетворять ряду требований, к описанию которых мы и перейдем.

## §2. Методические требования к демонстрационному физическому эксперименту.

Методические требования к классическому демонстрационному физическому эксперименту постепенно эволюционировали по мере его развития. Мы не имеем возможности подробно останавливаться на этапах этой эволюции. Приведем для сравнения наборы требований, которые предъявлялись к лекционным экспериментам отечественным классиком постановки лекционных демонстраций А.Б. Млодзеевским и известным современным методистом В.Ф. Шиловым.

Анатолий Болеславович Млодзеевский (1883 – 1959) – профессор физического факультета Московского университета, ученик П.Н. Лебедева. Научную работу вел в области теоретической термодинамики. Блестящий лектор и демонстратор, автор учебников и пособий по технике и методике лекционного эксперимента. Вот что писал об А.Б. Млодзеевском один из бывших студентов, которому в свое время довелось слушать его лекции.



*А.Б. Млодзеевский.*

«Физику читал профессор Млодзеевский – человек и вовсе легендарный. Кроме того, что он заведовал кафедрой молекулярной физики в МГУ, он еще дирижировал симфоническим оркестром Дома ученых, устраивал выставки своих картин и был редактором всемирно известной «Занимательной физики» Я.И. Перельмана. Первый час лекции, как правило, Анатолий Болеславович очень популярен на опытах, а иногда и на пальцах объяснял физический смысл явлений, а на втором часе все то же оформлял на доске в виде строгих математических выкладок. Начиная в верхнем левом углу, он заканчивал записи со звонком в правом нижнем углу доски. Ни сантиметра пустого места, ни минуты задержки. В этом был еще один его педагогический фокус. А фо-

кусы и головоломные задачи он очень любил.» (*Подольный И.А. Что было, то было: Записки счастливого человека. – Вологда, 2001.*)

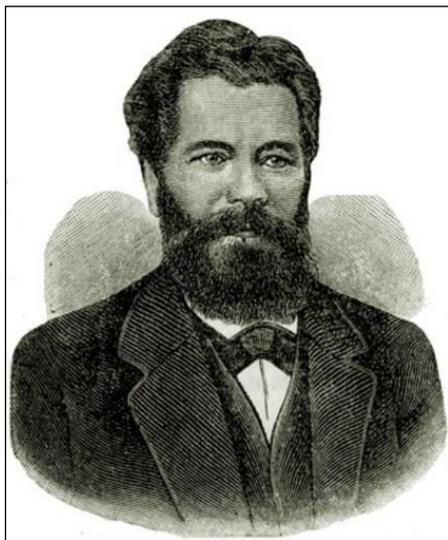
В 1949 г. А.Б. Млодзеевский подготовил рукопись своего доклада, который назывался «Задачи по улучшению лекционного демонстрирования в курсе физики». Интересна судьба этого доклада. Он предназначался для Всесоюзного совещания физиков, которое планировалось собрать специально с целью разгрома «физического идеализма» и «космополитизма и низкопоклонства» в среде физиков.

Фактически предполагалось разгромить и объявить «врагами» советских ученых, которые «не дают последовательного изложения современных достижений физики с позиций диалектического материализма», а также «становятся на позиции идеалистических течений». Особенно большие претензии у организаторов совещания имелись к книгам по квантовой механике и по теории относительности, из которых «немалое число написано буржуазными учеными с идеалистических позиций».

Совещание готовилось на самом высоком уровне – его инициаторами выступали Президент Академии наук СССР С.И. Вавилов и министр высшего образования СССР С.В. Кафтанов, которые направили совместное письмо Секретарю ЦК ВКП(б) Г.М. Маленкову. Совещание предполагалось провести в Москве. Планировали всё тщательно отрепетировать, заранее назначить докладчиков, подготовить все доклады и выступления, заслушать и утвердить их на заседании специально созданного Оргкомитета Совещания. Оргкомитет наметил 10 больших докладов, один из которых как раз должен был сделать А.Б. Млодзеевский. Предполагалось, что во всех докладах, которые имели вполне нейтральные «физические» и «методические» названия, авторы будут клеймить «физических идеалистов» и «безродных космополитов». Однако, А.Б. Млодзеевский, как и еще ряд его коллег, смог выдержать свой доклад в спокойном профессиональном тоне.

Совещание так и не состоялось – считается, что оно было отменено по прямому указанию И.В. Сталина. Все документы, относящиеся к подготовке совещания, в том числе и проекты докладов, были сданы в архив. Подробнее об истории этого несостоявшегося совещания можно прочесть в книге А.С. Сониной «Физический идеализм. История одной идеологической кампании».

А.Б. Млодзеевский в 1955 году использовал заготовку этого своего доклада для выступления на конференции, посвященной столетию со дня рождения выдающегося русского ученого-самоучки, изобретателя и талантливейшего лекционного демонстратора Ивана Филипповича Усагина (1855 – 1919). Текст выступления в авторской редакции был опубликован в 1959 году в сборнике «Иван Филиппович Усагин», выпущенном в МГУ.



*И.Ф. Усагин.*

Следует отметить, что сам И.Ф. Усагин – интереснейшая личность. Он родился в крестьянской семье, в юношеском возрасте поступил на службу приказчиком в бакалейную лавку в Москве. Начал посещать публичные лекции по физике профессора Московского университета Н.А. Любимова, вскоре написал ему письмо и в результате был приглашен учеником механика в университетские мастерские. Самостоятельно освоив начала физической науки и приобретя большой практический опыт, с 1882 года стал главным демонстратором физических опытов на публичных лекциях по физике, фактически возглавив кабинет физических демонстраций. Был автором ряда изобретений, в том числе одной из разновидностей трансформатора промышленного типа. Участвовал в исследованиях А.Г. Столетова по изучению фотоэффекта. За заслуги перед наукой получил звание личного почётного гражданина, по именному указу царя утверждён в должности старшего ассистента по кафедре физики университета, хотя для этого требовалось университетское образование. Сын И.Ф. Усагина – Сергей Иванович – в течение почти тридцати лет заведовал Кабинетом физических демонстраций физического факультета МГУ.)

Вернемся к докладу А.Б. Млодзеевского, о котором шла речь. В этом докладе автор сформулировал четыре требования к лекционному эксперименту.

«1. Каждая демонстрация должна с максимальной легкостью доходить до понимания слушателей. Поэтому все приборы и установки должны быть по возможности просты и обозримы, чтобы на них не было видно второстепенных деталей, отвлекающих внимание зрителя.

2. Каждая демонстрация должна обладать максимальной убедительностью, для этого она должна быть поставлена так, чтобы исключить возможность ее неправильного толкования. С этой целью иногда приходится прибегать к дополнительным опытам.

3. Расположение приборов в аудитории и их освещение должны обеспечивать их хорошую видимость со всех мест аудитории. Если демонстрируемые объекты слишком малы, необходимо прибегать к тому или другому способу проекции на экран.

4. Хорошо поставленная демонстрация должна и хорошо запоминаться слушателями, иначе она утрачивает свое значение. Для этого она должна производить свое действие не только на умственное, но также и на эмоциональное восприятие слушателей, на их воображение; следовательно, в постановке демонстрации должно быть учтено не только ее учебно-методическое содержание, но также и художественная форма.»



*В. Ф. Шилов.*

Отечественный методист Валентин Федорович Шилов в своей книге «Физический эксперимент по курсу “Физика и астрономия”», опубликованной в 2000 году, приводит уже девять методических требований к лекционным демонстрациям. Эти требования практически полностью повторяют основные принципы дидактики, применяя их к специфике демонстрационного эксперимента.

**«Научность** – ознакомление учащихся с объективными (воспроизводимыми) научными фактами, понятиями, закономерностями, методами научного познания.

**Достоверность** – моделирование конкретных объектов и явлений природы, однозначность и истинность результатов опыта.

**Доступность** – информация, извлекаемая из демонстрационного опыта, и ее усвоение должны базироваться на имеющемся у учащихся запасе знаний и соответствовать возможностям их понимания.

**Наглядность** – видимость для каждого ученика воспроизводимого явления, убедительность и надежность опыта.

**Связь обучения с жизнью** – раскрытие связей между явлениями природы, явлениями и человеком, природой и техникой, техникой и человеком.

**Систематичность и последовательность обучения** – построение системы опытов, раскрывающих вопросы изучаемой темы.

**Сознательность и активность учащихся** – учащиеся должны понимать принцип действия приборов и экспериментальных установок, постановку вопросов, побуждающих осмысливать суть демонстрируемых опытов.

**Сочетание различных методов и форм обучения** – разные виды учебного физического эксперимента (демонстрационный, фронтальный лабораторный, практикум, домашнее экспериментальное задание) должны развивать и дополнять друг друга.

**Создание необходимых и достаточных условий для обучения** – при демонстрациях должны соблюдаться санитарно-гигиенические нормы и правила безопасного труда.»

Сравнение приведенных цитат показывает, что, по сути, формулировки А.Б. Млодзеевского были обобщены В.Ф. Шиловым с учетом требований педагогической науки.

В последние десятилетия бурно развивается и широко внедряется в практику преподавания автоматизированный демонстрационный эксперимент. В связи с его развитием разные авторы пытаются формулировать методические требования к этому типу демонстрационного эксперимента. В одной из диссертаций, посвященных этому вопросу, в 2005 году было предложено следующее методическое требование, которое дополняет положения В.Ф. Шилова.

«Автоматизация эксперимента должна быть оправданной с педагогической точки зрения, т.е. автоматизация должна либо повышать качество восприятия учащимися информативной составляющей эксперимента, либо позволять выявлять и демонстрировать закономерности, визуальное наблюдение которых при классическом демонстрационном эксперименте затруднено или невозможно.»

Это требование отражает специфику нового подхода к постановке демонстрационных экспериментов.

Рассмотрев методические требования к демонстрационному эксперименту, перейдем к формулировке целей его постановки и задач, которые необходимо решать при подготовке лекций, сопровождаемых демонстрациями.

### **§3. Цели и задачи постановки демонстрационного физического эксперимента.**

На этапе планирования лекции преподаватель решает – нужно ли ему показывать во время лекции демонстрационные эксперименты, и если нужно, то какие именно и для чего. Если принято решение использовать демонстрационные эксперименты, то нужно определить цели, которые хочется достичь путем постановки демонстрационного эксперимента, и задачи, которые необходимо решить для достижения этих целей.

Цели, для достижения которых в состав лекции вводятся демонстрационные эксперименты, могут быть весьма разными – они зависят от темы лекции, от длительности лекции, от состава слушателей и степени их подготовленности и т.п. Но можно выделить ряд основных целей, которые имеются в виду лекторами практически всегда.

#### 1. Повышение наглядности изложения материала.

При чтении курса общей физики для студентов младших курсов крайне важно обеспечивать высокую наглядность изложения. Это особенно необходимо при изучении нового материала, который незнаком или плохо знаком студентам. Повышение наглядности достигается путем введения в лекцию демонстрационных экспериментов, которые желательно чередовать с теоретическими выкладками и устными рассуждениями, пояснениями и обоснованиями. Это позволяет заметно повысить интерес студентов к лекции, улучшает качество усвоения материала.

#### 2. Знакомство с новым физическим явлением.

При чтении курса общей физики разные лекторы используют различные методические приемы, которые позволяют лучше донести до студентов содержание курса. Один из таких приемов, который довольно распространен, состоит в следующем. Сначала слушателям демонстрируется один (или несколько) физических экспериментов, в ходе которого студенты наблюдают некоторое физическое явление (иногда проходящее при разных условиях). Таким образом слушатели «знакомятся» с новым для них физическим явлением. Затем лектор излагает теоретический материал, дает необходимые пояснения, в ходе которых слушатели понимают суть явления, которое они наблюдали. Затем лектор может еще раз показать эксперимент – уже с более конкретными пояснениями. При таком подходе слушатели сначала наблюдают явление, а затем узнают о его сущности и о способе его теоретического описания. Поэтому такой подход можно условно назвать «от эксперимента к теории».

#### 3. Подтверждение теоретических положений.

Существует и прямо противоположный прием, который состоит в следующем. Сначала слушателям излагается новый теоретический материал, посвященный описанию какого-либо физического явления. Затем показываются лекционные эксперименты, которые демонстрируют это явление, и по ходу показа даются необходимые дополнительные пояснения. При таком

подходе слушатели сначала теоретически узнают о новом физическом явлении и о способе его теоретического описания, и лишь затем наблюдают это явление. Поэтому такой подход можно условно назвать «от теории к эксперименту».

#### 4. Увеличение степени популярности изложения материала.

Часто у преподавателя возникает необходимость популяризировать изложение. Это бывает нужно сделать в случае, если аудитория имеет недостаточную физико-математическую подготовленность (школьники, студенты естественнонаучных и гуманитарных специализаций, случайная аудитория – как, например, на Фестивале науки МГУ, и т.п.). В этом случае преподаватель не имеет ни времени, ни возможности для глубокого рассмотрения сущности физических явлений и для их детального математического описания. Хороший выход из такой ситуации – включение в состав лекции большого числа демонстрационных экспериментов. Чтение таких лекций требует от лектора достаточно большой опытности и хорошего знания парка лекционных демонстраций.

В ходе научно-популярной лекции преподаватель умело переплетает рассказ о физических явлениях, о научных открытиях, об ученых-физиках с показом многочисленных физических демонстраций, которые становятся преобладающей частью лекции. У наиболее опытных лекторов-популяризаторов физические демонстрации могут составлять до 90% материала лекции, то есть фактически всё изложение материала основывается на показе демонстраций и «вертится» вокруг них.

Большими мастерами чтения лекций такого рода являются сотрудники и выпускники физического факультета МГУ – С.Д. Варламов, С.Б. Рыжиков, А.В. Селиверстов.

#### 5. Переключение внимания аудитории, предоставление аудитории возможности для отдыха.

Часто лекционные демонстрации используются лекторами для создания «пауз» в изложении теоретического материала. Это необходимо делать в тех случаях, когда лекция посвящена трудным для понимания вопросам, либо сильно перегружена теоретическими выкладками. Поскольку студенты, как правило, не могут полноценно непрерывно воспринимать материал более 35-45 минут (а школьники, в зависимости от возраста – более 15-20 минут), то нужно не реже, чем через указанные промежутки времени, прерывать изложение теоретического материала – например, показывать одну или несколько лекционных демонстраций. При этом желательно, чтобы демонстрации оказывались «встроенными» в канву изложения, то есть попадали в «логические паузы» в изложении теоретического материала.

Для достижения перечисленных целей лекционного демонстрирования лектор должен, готовясь к лекции, решать следующие задачи.

##### 1. Составление характеристики лекции.

Нужно определить для себя основные «параметры» лекции: тема лекции, вид лекции (часть продолжающегося лекционного курса, отдельная лек-

ция), продолжительность лекции, состав и подготовленность слушателей, количество слушателей, место и время чтения лекции, приспособленность аудитории для показа демонстраций. Исходя из этого, нужно определить, будет эта лекция научной или научно-популярной. Далее нужно решить, какие теоретические понятия будут введены на лекции, как именно это будет сделано, какие будут обсуждаться физические явления и закономерности, и сколь глубоко и сложен будет уровень теоретических построений.

## 2. Подбор лекционных демонстраций.

Исходя из предыдущего пункта, нужно составить список демонстраций, которые можно использовать на данной лекции. Для этого нужно использовать списки или каталоги лекционных демонстраций. После этого нужно узнать у лекционного ассистента (который обычно помогает лектору во время лекции показывать демонстрации) ответы на следующие вопросы: а) исправно ли оборудование, которое необходимо для показа отобранных демонстраций; б) сколько времени занимает показ каждой из отобранных демонстраций; в) есть ли среди отобранных демонстраций технически сложные опыты, не всегда получающиеся опыты, а также опыты, которые требуют длительной подготовки или привлечения дополнительных ассистентов; г) есть ли среди отобранных демонстраций опыты, которые необходимо показывать в определенное время (в начале или в конце лекции, либо только в некоторый подходящий момент). На основании полученных сведений нужно скорректировать список отобранных демонстраций. Опыт показывает, что за время стандартной лекции по общей физике не удастся без ущерба для качества изложения материала показать более 6-10 демонстраций (в зависимости от степени их сложности). При этом на научно-популярной лекции число показываемых демонстраций может достигать до 20-25.

## 3. Составление плана лекции с учетом подобранных лекционных демонстраций.

На этом этапе нужно определить, с какой целью будут показываться лекционные демонстрации, в какой последовательности, в какие именно моменты, и как это будет сочетаться с обсуждаемым теоретическим материалом. Также нужно определить, кто будет показывать каждую демонстрацию: лекционный ассистент, сам лектор, либо лектор в паре с ассистентом.

## 4. Проверка работоспособности лекционных демонстраций.

Перед началом лекции необходимо удостовериться, что подобранные демонстрации работоспособны (как говорят лекторы – «получаются»), что они надлежащим образом расположены на демонстрационном столе, что демонстрационное оборудование не будет мешать преподавателю читать лекцию. Эти вопросы лежат в области техники постановки и методики показа демонстрационного физического эксперимента, к рассмотрению которых мы и перейдем.

#### **§4. Основы техники постановки и методики показа демонстрационного физического эксперимента.**

Из названия параграфа следует, что необходимо четко различать технику постановки и методику показа демонстрационного эксперимента.

Техника постановки эксперимента – совокупность действий, обеспечивающих подготовку лекционных демонстраций к показу на лекции.

Методика показа эксперимента – совокупность действий, приемов, пояснений, обеспечивающих показ опыта во время лекции.

Рассмотрим сначала основные вопросы техники постановки демонстрационного эксперимента.

1) Перед началом подготовки экспериментов к показу необходимо составить список демонстраций, которые планируется показать (или изучить имеющийся список).

2) Затем для каждой демонстрации необходимо определить набор нужных для ее показа приборов, оборудования, комплектующих, вспомогательных и расходных материалов – то есть всего того, что необходимо для показа опыта.

3) Далее нужно определить, какие подготовительные работы необходимо заранее провести для показа тех или иных демонстраций. Примеры таких работ – заготовка дистиллированной воды и жидкого азота, мытье колб, обезжиривание поверхностей, заготовка деревянных щепок и т.д. и т.п. – то есть всё то, что нужно сделать заблаговременно.

4) После того, как всё необходимое для подготовки демонстраций есть в наличии, нужно собрать все нужные приборы, комплектующие и т.п. в лекционной аудитории, в которой будет читаться лекция. Перед тем, как приступить к монтажу демонстрационных установок, следует спланировать использование пространства аудитории. Нужно решить, где и в какой последовательности будут размещаться установки на демонстрационном столе, на какие стены (экраны) будут осуществляться проекции и т.п.

На этом этапе нужно уделить внимание соблюдению требований техники безопасности (чтобы показ демонстраций не мог причинить вред слушателям, лаборанту и лектору). Располагать установки желательно в том порядке, в котором они будут использоваться (то есть слева направо – если смотреть со стороны студентов). Но это не является догмой. В частности, нужно следить за тем, чтобы установки, для работы которых необходимы электропитание, проточная вода, сжатый воздух, баллонный или магистральный газ и т.п. располагались возле соответствующих источников обеспечения.

5) Монтировать установки лучше последовательно (то есть, начав монтаж какой-либо установки, нужно доводить его до конца, и переходить к монтажу следующей установки лишь после того, как предыдущая нормально заработает). При планировании рабочего пространства нужно следить за тем, чтобы смонтированные установки не загораживали друг друга, чтобы установки не мешали лектору, чтобы к каждой из установок был свободный и

удобный подход демонстратора, и чтобы при работе с оборудованием демонстратор не загоразживал установки собой.

6) Необходимо проверять работоспособность каждой собранной установки – то есть надо убеждаться, что демонстрация получается.

7) В аудитории нужно иметь запас необходимых расходных материалов и простых инструментов, которые могут понадобиться для наладки или оперативного ремонта установок во время лекции – это могут быть ножницы, нож, отвертка, плоскогубцы, гаечный ключ и т.п. (в зависимости от используемого оборудования).

8) Необходимо принять меры, которые исключат возможность травмирования студентов и случайной порчи имущества. Все источники питания должны быть выключены, горелки потушены, опасные вещества (кислоты, горючие жидкости и т.п.) должны быть убраны из аудитории – их нужно вносить непосредственно перед показом соответствующих демонстраций. Массивные предметы должны быть надежно закреплены, чтобы исключить возможность их падения.

Если для показа демонстрации необходимо, чтобы в аудитории перед началом лекции заранее горела газовая горелка, работала электроплитка, оставался включенным лазер, текла проточная вода и т.п. – в этих случаях в аудитории обязательно должен оставаться дежурный лаборант.

9) Если какие-либо установки перед показом требуют длительной юстировки, то необходимо ограничить доступ студентов к этим установкам путем выставления ограждения. Также рекомендуется отметить расположение таких установок на рабочем столе (или на полу) при помощи мела, а также, при наличии возможности, записать или отметить положения регулировочных винтов, которые обеспечивают юстировку демонстрационных приборов.

10) Если лектор планирует показывать демонстрационные эксперименты самостоятельно, то ему необходимо продумать, в какой одежде он будет читать лекцию (в частности, костюм с галстуком могут быть неудобны), не испачкает ли он одежду и руки, не понадобятся ли ему для показа демонстраций очки и т.п. Затем нужно заготовить для себя всё необходимое. Если демонстрации будет показывать лекционный ассистент, то нужно составить для него план показа демонстраций (пусть даже устный) и решить, должен ли он присутствовать в аудитории постоянно, или же только в определенные промежутки времени.

11) После завершения лекции нужно разобрать демонстрационные установки, привести в порядок (вымыть, просушить, протереть и т.п.) их детали, вымыть использованную посуду, убрать образовавшийся при показе опытов мусор, утилизировать в соответствии с правилами отходы химических веществ. Демонстрационные установки, их части, комплектующие и расходные материалы поместить на хранение в шкафы или коробки.

Перейдем к обсуждению методики показа демонстрационного эксперимента. Методика может быть несколько различной в зависимости от того, какая читается лекция (научная или научно-популярная), и с какими целями

лектор использует демонстрационный эксперимент. Однако тут могут быть даны следующие общие рекомендации.

1) Перед началом показа демонстрации необходимо сообщить обучающимся основные сведения об устройстве демонстрационной установки и рассказать о том, какие манипуляции предполагается проводить.

2) При показе опыта демонстратор должен располагаться таким образом, чтобы не заслонять собой демонстрационную установку или результат ее функционирования.

3) Перед показом опыта, при показе опыта или после него (в зависимости от того, как проходит и в каком контексте демонстрируется эксперимент) нужно рассказать, какой получается результат, и прокомментировать этот результат.

4) Комментарии, относящиеся к результатам показа демонстрации, должны быть связаны с теоретическим материалом лекции и опираться на имеющиеся у слушателей знания.

5) При необходимости, если есть техническая возможность, нужно повторить показ демонстрации – для закрепления полученных знаний и лучшего усвоения сущности наблюдаемого явления.

Для подбора демонстраций к лекциям по различным темам рекомендуется использовать специальную литературу – сборники описаний демонстрационных экспериментов, каталоги лекционных демонстраций. Видеозаписи большого количества интересных лекционных экспериментов можно найти в сети интернет. При наличии интереса и желания многие из них можно воспроизвести самостоятельно.

#### **Рекомендованная литература.**

1. Грабовский М.А., Млодзеевский А.Б., Телеснин Р.В. и др. Лекционные демонстрации по физике. / Под ред. Ивероновой В.И. – М.: Наука, 1972. – 640 с.

2. Шилов В.Ф. Физический эксперимент по курсу «Физика и астрономия». – М.: Просвещение, 2000. – 142 с.

3. Иван Филиппович Усагин. / Под ред. А.С. Предводителя. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 300 с.

4. Сонин А.С. «Физический идеализм». История одной идеологической кампании. – М.: Издательская фирма «Физико-математическая литература», 1994. – 224 с.

## **Глава 4.**

### **Семинарские занятия. Цели и задачи семинарских занятий. Основные этапы семинарского занятия.**

#### **Экспериментальные практикумы.**

##### **Цели и задачи практикумов.**

#### **Практикумы с натурным и модельным экспериментами.**

### **§1. Цели и задачи семинарских занятий.**

Семинар является важным элементом теоретической части учебного курса. Как уже отмечалось, под семинаром понимается учебное занятие, проводимое преподавателем со сравнительно небольшой группой обучающихся (до 30-35 человек). При проведении семинарского занятия, в отличие от лекции, преподаватель непосредственно общается с обучающимися, имеет возможность задавать им вопросы, выслушивать ответы, вести дискуссию. Обучающиеся, в свою очередь, могут задавать вопросы преподавателю. Таким образом, в ходе семинара эффективно реализуется обратная связь между преподавателем и обучающимися. Можно выделить основные цели проведения семинара. К ним можно отнести:

- повторение теоретического материала;
- знакомство с новым теоретическим материалом;
- обсуждение теоретических положений с целью улучшения усвоения материала;
- текущий контроль знаний обучающихся;
- знакомство с практическими приемами применения полученных знаний;
- развитие практических навыков и их тренировка;
- развитие навыков ведения обсуждения и дискуссии;
- самостоятельная работа обучающихся.

Для того чтобы достичь в ходе проведения семинара этих целей, преподаватель должен при подготовке и проведении семинара решать следующие задачи.

#### 1) Определение темы семинара.

Как правило, при преподавании регулярных учебных курсов темы всех семинаров, которые нужно провести в ходе изучения данного курса, определяются планом изучения дисциплины. Если такого плана по какой-то причине нет (курс читается впервые, планирование семинаров передано преподавателю и т.п.), то следует перед началом подготовки семинара четко определить его тематику. От этого зависит успех всей остальной деятельности по подготовке семинара и его проведению.

#### 2) Планирование содержания семинара, подбор материала.

После того, как определена тема семинара, необходимо спланировать содержание семинара. Для этого нужно определить, какой новый теоретиче-

ский материал будет излагаться, какой теоретический материал будет повторяться, какие будут обсуждаться вопросы, какие будут изучаться практические методы, какой для этого будет использоваться фактический материал, будет ли (и в каком виде) проводиться контроль усвоения обучающимися материала, будет ли выделено время для самостоятельной работы обучающихся и т.п.

### 3) Составление плана семинара, планирование различных видов учебной деятельности преподавателя и обучающихся на семинаре.

Далее нужно составить план проведения семинара. Для этого нужно определить порядок изложения отобранного материала и распределить в нужном порядке различные виды учебной деятельности. То есть нужно определить, в каком порядке излагается материал, изучаются практические методы, когда разбираются те или иные задачи, когда проводится опрос обучающихся, когда обучающиеся работают самостоятельно и т.п.

### 4) Составление конспекта семинара.

Обязательно нужно составить подробный конспект семинара. В нем должен быть отражен весь необходимый теоретический материал, содержаться решения всех задач, сделаны заметки о дискуссионных вопросах. Также должны быть заранее подготовлены материалы для контроля знаний обучающихся, включая домашнее задание.

### 5) Хронометрирование семинара и корректировка его плана.

После того, как конспект составлен, необходимо не торопясь прочитать его весь целиком, включая математические выкладки. Исходя из этого, нужно сделать вывод о том, можно ли успеть рассказать всё запланированное за время, отведенное для проведения семинара, или же, наоборот, достаточно ли подобрано материала. При необходимости план проведения семинара надо скорректировать.

### 6) Репетиция, апробация (при необходимости).

Готовый конспект семинара нужно прочитать несколько раз. Особо трудные моменты нужно воспроизвести на листе бумаги, не глядя в записи. При необходимости отдельные элементы семинара надо отрепетировать.

### 7) Ответственное исполнение обязанностей преподавателя.

Как и при чтении лекций, успех семинара во многом зависит от того, насколько ответственно и качественно преподаватель исполняет свои обязанности. На семинары нельзя опаздывать. При проведении семинара нужно излагать свои мысли ясно и четко. Записи на доске нужно вести разборчиво, двигаясь по доске сверху вниз и слева направо. Важные соотношения, которые трудно сразу запомнить, но которые будут в течение семинара необходимы неоднократно, рекомендуется выписать отдельно в правом верхнем углу доски и обвести в рамку. При изложении материала семинара особенно большое внимание нужно уделять физическим задачам. Их нужно подбирать осмысленно, изложение решения задач должно быть максимально полным и понятным. По ходу этого изложения следует останавливаться на трудных для понимания моментах, расставлять акценты при использовании теоретических

положений (обсуждать, почему в данном случае можно применять тот или иной физический закон или ту или иную формулу). Очень полезно решать одну и ту же задачу двумя или несколькими разными способами с целью вскрытия и иллюстрации глубинных связей между различными элементами физической теории. Дискуссии и обсуждения во время семинара следует вести уважительно, т.к. целью этих обсуждений и дискуссий является изучение нового материала, а никак не выявление обучающихся, плохо знающих учебный материал. В завершение семинара нужно сформулировать домашнее задание.

## **§2. Основные этапы семинарского занятия.**

Семинар может быть спланирован и проведен преподавателем по-разному. Тем не менее, можно выделить следующие основные этапы проведения семинара. Сразу отметим, что эти этапы могут чередоваться в почти произвольном порядке, либо вовсе отсутствовать – в зависимости от плана проведения семинара, составленного преподавателем.

### **1) Повторение ранее изученного материала.**

На этом этапе преподаватель кратко излагает основной теоретический материал, который наиболее необходим для работы на данном семинаре. Это может быть повторение определений, формулировок физических законов, вывод (или сообщение без вывода) часто используемых формул и т.д. При этом считается, что весь этот материал обучающиеся уже изучали во время лекций, поэтому повторение делается обзорно, для освежения в памяти. Рекомендуется использовать для повторения не более 15 минут (из 90 минут, которые обычно выделяются на проведение семинара).

### **2) Изложение нового материала.**

Как уже говорилось ранее, иногда лектор не успевает во время лекции изложить часть теоретического материала. В этом случае лектор обычно просит, чтобы преподаватели изучили соответствующий материал на семинарах. Такое изучение может занимать от 5-10 до 25-30 минут (то есть при неблагоприятном стечении обстоятельств повторение ранее изученного материала и изложение нового материала может занимать до половины семинара). По этой причине изложением нового материала на семинаре не следует злоупотреблять – это может сильно уменьшить эффективность проведения всего занятия в целом.

### **3) Обсуждение наиболее трудных моментов из изучаемого материала.**

Для лучшего усвоения изучаемого материала рекомендуется обсуждать на семинаре наиболее трудные для понимания моменты (речь идет про весь материал – и тот, который изучается на лекции, и тот, который изучается на семинаре). Это могут быть тонкости формулировок определений и законов, границы применимости физических законов, альтернативные способы вывода формул или проведения доказательств, физические парадоксы и т.п. Такое обсуждение является особенно эффективным, если оно сочетается с решени-

ем соответствующих физических задач, а обсуждение возникает по ходу решения.

#### 4) Обучение практическим методам.

Желательно, чтобы существенная часть семинара отводилась на обучение новым практическим методам и на отработку новых практических навыков. Применительно к семинарам по физике и математике практические методы представляют собой методику решения задач различного типа. Преподаватель должен знать разные типы задач, относящихся к изучаемой дисциплине, уверенно владеть типовыми методами решения таких задач, уметь рассказывать обучающимся о сущности этих методов, демонстрировать их применение на практике. Очень хорошо, если преподаватель дополнительно владеет и нестандартными методами решения задач и может излагать эти методы. Обычно обучение методам решения задач происходит в форме рассказа и показа – преподаватель излагает методику решения задачи, ведя на доске соответствующие записи.

#### 5) Закрепление практических навыков.

После того, как обучающиеся ознакомлены с методикой решения задач разных типов, необходимо обеспечить закрепление приобретенных практических навыков. Это может реализовываться разными способами. Например, можно разобрать на доске еще одну или несколько задач, действуя в соответствии с изученной методикой решения, но так, чтобы обучающиеся «подсказывали» преподавателю – что нужно писать на доске. Можно попросить обучающихся самостоятельно решить задачу в своих тетрадях, и постепенно давать им подсказки. Можно попросить одного из наиболее хорошо подготовленных обучающихся решить задачу у доски, при необходимости помогая ему – и т.д. и т.п. Также совершенно необходимо задать обучающимся несколько задач на дом (об этом речь пойдет ниже).

#### 6) Самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа обучающихся может быть организована в аудиторной и во внеаудиторной формах. В первом случае обучающиеся получают от преподавателя какие-либо задания непосредственно в аудитории, и тут же их выполняют под его руководством или контролем. Это может быть диалог с преподавателем в форме «вопрос-ответ», решение обучающимися коротких задач в тетрадях с проверкой непосредственно во время семинара, выступление обучающихся у доски – либо в качестве «решальщика» только что сформулированной задачи, либо в качестве докладчика по вопросу, который был поставлен заранее. При внеаудиторной (домашней) самостоятельной работе обучающихся они выполняют какие-либо домашние задания. Это, как правило, решение заданных на дом задач, хотя заданием может быть и подготовка какого-либо доклада или реферата. Задаваемые на дом задачи должны быть подобраны так, чтобы они охватывали по возможности все изученные на данном занятии вопросы и позволяли отработать все нужные приемы решения задач. При этом домашнее задание не должно быть чрезмерно большим.

#### 7) Контроль качества усвоения материала.

Для проверки эффективности проведения семинарских занятий необходимо периодически контролировать качество усвоения обучающимися учебного материала. Для этого традиционно используются такие формы контроля, как опрос, проведение коротких самостоятельных работ и более длинных контрольных работ. Уровень идейной и технической трудности задач для самостоятельных и контрольных работ должен подбираться так, чтобы обучающиеся могли решить эти задачи за отведенное время.

### **§3. Цели и задачи физических практикумов.**

Как уже отмечалось, под физическим практикумом обычно понимают занятие, проводимое в специально оборудованной физической лаборатории, в ходе которого обучающиеся знакомятся на практических примерах с изучаемыми явлениями, учатся применять различные физические приборы, знакомятся с различными методами измерений физических величин, методиками обработки экспериментальных данных, учатся интерпретировать результаты измерений.

Рассмотрим цели выполнения физических практикумов. Эти цели могут различаться в зависимости от специфики данного конкретного практикума, но наиболее часто преследуются следующие цели:

- повторение теоретического материала и знакомство с новым теоретическим материалом;
- знакомство с экспериментальным оборудованием;
- знакомство с физическими явлениями, эффектами, процессами;
- знакомство с экспериментальными методиками;
- развитие и тренировка экспериментальных умений и навыков;
- знакомство с методами обработки и интерпретации экспериментальных данных (в том числе с правилами построения графиков);
- приобретение умений по подготовке лабораторного отчета и его представлению (защите).

Для того чтобы достигать в ходе проведения практикумов этих целей, преподаватель должен при подготовке и проведении занятия в практикуме решать следующие задачи (имеется в виду, что практикум создан заранее, и поэтому решать вопрос постановки задач не нужно).

#### 1) Ознакомление с экспериментальными работами практикума.

Перед началом работы в практикуме преподавателю необходимо ознакомиться с составом экспериментальных работ, которые предлагаются обучающимся в практикуме. Сначала нужно ознакомиться со списком этих работ для того, чтобы получить общее представление о возможностях практикума. Затем нужно тщательно изучить описания к работам – в этих описаниях обычно рассказывается об устройстве экспериментальных установок, предлагаемых методиках измерения, а также формулируются задания, которые должны выполнить обучающиеся. Кроме того, в описаниях обычно содержится краткое теоретическое введение и список литературы, которую рекомендуется изучить для более полной подготовки к выполнению работы. Да-

лее преподаватель должен ознакомиться непосредственно с экспериментальными установками – для этого нужно прийти в лабораторию. В идеале преподаватель должен уметь сам включать и выключать приборы, настраивать их, проводить необходимые измерения, определять причины неправильного функционирования оборудования, устранять небольшие неисправности экспериментальной установки.

2) Ознакомление с классическими методиками измерения физических величин, которые определяются в ходе выполнения работ практикума.

Как правило, каждая работа практикума посвящена знакомству с каким-либо физическим явлением, или какой-либо экспериментальной методикой. Для выполнения работы обычно необходимо измерять ряд физических величин и устанавливать наличие взаимосвязи между ними. По этой причине преподаватель должен иметь общее представление о классических методиках измерения соответствующих физических величин, а также хорошо разбираться в тех методиках, которые используются в данной конкретной работе – знать достоинства и недостатки этих методик, их тонкости, особенности реализации этих методик с использованием имеющегося оборудования.

3) Составление плана проведения опроса обучающихся (беседы).

Поскольку перед началом работы в практикуме преподаватель обычно проводит опрос обучающихся (беседует с ними), то необходимо подготовить план такого опроса (беседы). Нужно решить, какой теоретический материал будет повторяться, какой – изучаться вновь, какие будут задаваться вопросы и в каком порядке, как именно будет обсуждаться экспериментальная методика, что нужно продемонстрировать обучающимся на практике и т.п. Опрос нужно планировать таким образом, чтобы он занимал не более 20-30 минут, но чтобы в результате этого мероприятия обучающиеся освежали (или приобретали) знания, которые необходимы им для выполнения работы практикума.

4) Подбор теоретического материала по тематике работ практикума.

Для того чтобы качественно проводить опрос обучающихся или консультировать их в ходе выполнения практических работ, преподаватель должен уверенно владеть теоретическим материалом по темам, соответствующим тематике работ практикума. Поэтому при подготовке к проведению занятия в практикуме нужно освежить в памяти основные теоретические сведения, касающиеся работ практикума.

5) Проведение опроса обучающихся, обсуждение теоретического материала, методик измерений и обработки результатов, формулировка дополнительных заданий.

Перед началом выполнения работ практикума, как уже говорилось, преподаватель обычно проводит опрос обучающихся или беседует с ними. Цели у этого мероприятия могут быть разными. Это может делаться для повторения ранее изученного теоретического материала, для ознакомления с новым теоретическим материалом, для обсуждения устройства экспериментальной установки, устройства приборов и порядка работы с ними, особенностей экс-

периментальных методик, правил обработки и представления полученных экспериментальных результатов и т.п. Но, в конечном итоге, главной целью всегда остается выяснение степени готовности обучающихся к самостоятельной работе в практикуме. В ходе беседы преподаватель должен конкретизировать задания, которые должен выполнить каждый обучающийся в ходе своей работы, а также может сформулировать для обучающихся дополнительные задания, которые не предусмотрены в руководстве по выполнению работы.

6) Руководство работой обучающихся или контроль выполнения обучающимися основных и дополнительных заданий.

В зависимости от содержания работ практикума, от трудности заданий и от степени сложности работы с экспериментальным оборудованием деятельность обучающихся может проходить под руководством или под контролем преподавателей.

В первом случае преподаватель непосредственно руководит выполнением работы практикума – показывает (или указывает) обучающимся, какие им необходимо выполнять действия и в каком порядке до тех пор, пока все задания не будут выполнены. Такой способ проведения практикума используется тогда, когда работа обучающихся сопряжена с повышенной опасностью, когда есть риск порчи ценного оборудования, либо когда быстрое самостоятельное освоение работы с экспериментальным оборудованием невозможно.

Во втором случае, когда работа проходит под контролем преподавателя, обучающийся получает некоторый набор заданий разной степени сложности, и выполнение этих заданий контролируется преподавателем. Помимо этого преподаватель может осуществлять дополнительный промежуточный контроль на разных этапах работы обучающихся.

7) Проверка качества выполнения обучающимися работ практикума и дополнительных заданий.

После того, как обучающиеся выполнили задания преподавателя, ему необходимо проконтролировать, сколь полно и насколько качественно выполнены эти задания. Как правило, обучающиеся отражают ход и фиксируют результаты своей работы в специальном лабораторном журнале (тетради). После того, как выполнение работы окончено, преподавателю необходимо проверить эти записи. В идеале нужно проверять правильность полученных результатов. Но часто это невозможно сделать до тех пор, пока не проведена обработка экспериментальных данных. В этих случаях приходится довольствоваться оценкой разумности полученных результатов – например, если какая либо зависимость согласно теоретическим предсказаниям должна быть возрастающей, то полученные экспериментальные данные должны «вести себя» соответствующим образом.

При проверке лабораторных отчетов нужно помнить о том, что практикум – это, прежде всего, учебное занятие. Поэтому необходимо уделять внимание развитию правильных умений обучающихся и закреплению соответствующих навыков. В частности, нужно требовать от обучающихся аккурат-

ности при ведении таблиц экспериментальных данных, правильности записей численных значений измеренных физических величин с обязательным указанием размерностей, правильного отражения в записях точности измеряемых величин и т.п.

8) Проверка (прием) лабораторных отчетов обучающихся, обсуждение и оценивание полученных результатов.

После того, как работа практикума выполнена, обучающиеся должны обработать полученные ими экспериментальные данные и оформить лабораторный отчет. Этот отчет должен содержать схему экспериментальной установки, краткий конспект необходимых теоретических выкладок, итоговые формулы для ведения расчетов, необходимые для вычислений константы (фундаментальные, либо относящиеся к данной конкретной экспериментальной установке), таблицы с полученными экспериментальными данными, обработку этих данных (расчеты, графики), результаты обработки экспериментальных данных (полученные результаты), оценку погрешностей полученных результатов, анализ полученных результатов (сравнение с табличными данными, указание на возможные источники погрешностей), краткие выводы. Преподаватель должен оценить все элементы представленного ему отчета. Поскольку данный этап обучения особенно важен (именно на этом этапе формируются практические умения и навыки, которые потом оказываются востребованными в ходе реальной исследовательской работы), остановимся на нем несколько подробнее.

А) Нужно требовать от обучающегося общей аккуратности при подготовке лабораторного отчета. Отсутствие такой аккуратности часто приводит к ошибкам разного рода.

Б) Нужно стараться проверить правильность выполненных обучающимся расчетов. Обычно это довольно трудно сделать из-за большого объема вычислений и ограниченности времени, которое выделяется на «прием» задачи. В любом случае, следует оценивать правильность хода расчетов и разумность полученных промежуточных и итоговых результатов.

В) Нужно проверить корректность оценки погрешностей измеренных и рассчитанных величин. В частности, необходимо следить за правильностью применения тех или иных формул расчета погрешностей и за соблюдением правил округления.

Г) Нужно следить за выполнением правил построения и оформления графиков.

Д) Нужно следить за корректностью используемой обучающимися терминологии – в частности, разъяснять причины, по которым не следует повсеместно использовать различного рода физический жаргон (например, почему нельзя отождествлять тангенс угла наклона касательной к графику с угловым коэффициентом; почему не следует называть количество теплоты просто «теплом»; почему при упоминании теплоемкости нужно всегда уточнять, о какой теплоемкости идет речь и т.п.).

В заключение разговора о задачах, решаемых преподавателем при подготовке и проведении практикума, еще раз отметим, что мы здесь не обсуждаем круг вопросов, которые необходимо решать при организации физического практикума (то есть при формулировке его идеологии и при наполнении практикума экспериментальными работами). Эта чрезвычайно трудная задача, и обсуждение подходов к ее решению может занять целую лекцию, которая планом изучения нашей дисциплины не предусмотрена – в силу узкой специфики этого вопроса. Ниже мы кратко рассмотрим лишь вопрос о видах экспериментальных работ, которые можно использовать для наполнения практикума.

#### **§4. Виды экспериментальных работ для практикума.**

Экспериментальные работы для практикума можно подразделять по разным признакам. Мы остановимся на следующей классификации, которая является достаточно условной и неоднозначной (то есть возможны и другие способы классификации).

##### **1. Натурные работы.**

###### **1.1. Без использования вычислительной техники.**

###### **1.1.1. Не требующие сложного оборудования.**

###### **1.1.2. Использующие сложное оборудование.**

###### **1.2. Компьютеризированные.**

###### **1.3. Автоматизированные.**

##### **2. Модельные работы.**

###### **2.1. Без использования компьютерного моделирования.**

###### **2.2. С использованием компьютерного моделирования.**

Обсудим пункты этой классификации.

**1. Натурная работа практикума** – это такая работа, в ходе которой наблюдаются или изучаются реальные физические явления. Работы такого типа до последнего времени традиционно составляли большинство среди всех работ, представленных в различных физических практикумах. Ценность и достоинства таких работ очевидны. Их главным недостатком является трудность (или даже невозможность) наблюдения ряда явлений и эффектов в условиях учебной лаборатории. Эти трудности могут быть связаны со сложностью или крупномасштабностью необходимого экспериментального оборудования, с его дороговизной, с труднодоступностью необходимых образцов и материалов, с невозможностью соблюдения правил техники безопасности при постановке соответствующих опытов, с большой или малой длительностью изучаемых процессов и т.п. Во всех этих случаях применяют модельные работы.

1.1. Натурные работы практикума, проводимые без использования вычислительной техники – это работы, для проведения которых используется только традиционное физическое оборудование (механическое, тепловое, электрическое – включая аналоговые электронные приборы, оптическое и т.п.). Работы этого вида подразделяются на работы, не требующие сложного

оборудования (1.1.1.), и работы, использующие сложное оборудование (1.1.2.).

К типу 1.1.1. относятся работы, в которых используется только простейшее оборудование – линейки, секундомеры, колбы, пробирки, и т.п. Примером такой работы может служить работа по измерению коэффициента сухого трения при помощи наклонного трибометра.

К типу 1.1.2. относятся работы, для выполнения которых нужно более-менее сложное оборудование – такое как прецизионные механические элементы, гироскоп, термостат, вакуумный насос, генератор, осциллограф, частотомер, мощный лазер, спектроскоп, интерферометр и т.п. Такие работы составляют большинство в физических практикумах физического факультета МГУ, и соответствующие примеры каждый студент без труда может привести сам.

1.2. Натурные компьютеризированные работы практикума – это работы, для проведения которых используются элементы вычислительной техники. Это могут быть как встроенные в физические приборы электронные логические компоненты или процессоры, так и внешние вычислительные устройства, при помощи которых осуществляется управление частями экспериментальных установок, или выполнение ряда вычислительных процедур, или операции с экспериментальными данными.

Сразу отметим, в чем состоит *различие между компьютеризацией и автоматизацией*. В первом случае работа с экспериментальной установкой автоматизируется частично, а во втором – практически полностью или вообще целиком. Иными словами, компьютеризация – это частичная автоматизация.

Примером компьютеризации работы практикума может служить ее оснащение современным цифровым осциллографом, который самостоятельно выполняет большую часть сервисных функций (стабилизация «картинки», усреднение, фильтрация шумов и т.п.), а также имеет ряд сервисов для легкого и точного определения амплитуд, частот и разностей фаз изучаемых сигналов.

Еще одним примером является снабжение экспериментальной установки системой датчиков и аналого-цифровым преобразователей, при том условии, что компьютер осуществляет только сбор первичный анализ экспериментальных данных, а их обработка осуществляется вручную. Примером работы практикума такого типа является задача по изучению распределения Максвелла путем наблюдения термоэлектронной эмиссии в вакуумной лампе.

1.3. Натурные автоматизированные работы практикума – это работы, при проведении которых компьютерная техника выполняет все или почти все необходимые операции – сбор экспериментальных данных, их обработку, представление результатов и оценку погрешностей измерений. Экспериментатору в этом случае остаются в основном функции «думающего лаборанта» – нужно своевременно и правильно снабжать экспериментальную установку образцами для изучения, обеспечивать нужные условия протекания экспери-

мента, а также давать компьютерной технике правильные «указания» (обычно для управления такими установками предусмотрен соответствующий интерфейс).

**2. Модельная работа практикума** – это такая работа, в ходе которой наблюдение реальных физических явлений заменяется изучением различных моделей (механических, электронных, компьютерных и т.п.). Такой тип работ дает возможность знакомиться с явлениями, реальное наблюдение которых по различным причинам затруднено или невозможно. Но очевидным недостатком работ данного вида является их «ненастоящность».

Модельные работы, проводимые без использования компьютерного моделирования (вид 2.1.) – это работы, при проведении которых используются любые модели, кроме компьютерных. Для таких модельных работ характерным является использование реального физического оборудования, что роднит работы такого вида с натурными работами. Примером может служить работа по изучению распределения Больцмана, в которой движение молекул в поле силы тяжести моделируется движением маленьких упругих шариков в стакане, дно которого вибрирует с высокой частотой.

Модельные работы, проводимые с использованием компьютерного моделирования (вид 2.2.) – это работы, при проведении которых не используется вообще никакого реального физического оборудования, а все изучаемые явления и эффекты моделируются компьютером при помощи специально написанной программы. При этом все «наблюдения» обычно ведутся на мониторе, а условия проведения модельного эксперимента изменяются при помощи специально предусмотренного интерфейса. Примером такой работы может служить работа по изучению работы теплового двигателя, в которой цикл двигателя моделируется компьютером, в результате чего строятся соответствующие диаграммы и «измеряется» КПД двигателя.

### **Рекомендованная литература.**

1. Русаков В.С., Слепков А.И., Никанорова Е.А., Чистякова Н.И. Механика. Методика решения задач / Учебное пособие. М.: Физический факультет МГУ, 2010. – 368 с.

2. Физический практикум / Под ред. В.И. Ивероновой. / М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 961 с.

## Глава 5.

### Система оценивания учебных достижений обучающихся. Зачет, зачет с оценкой, экзамен, рейтинг. Мотивирование.

#### **§1. Цели и задачи оценивания учебных достижений обучающихся.**

Как уже отмечалось, один из принципов дидактики – принцип прочности знаний – требует, что знания должны повторяться и закрепляться, а умения и навыки должны применяться на практике. Для этого необходимо регулярно контролировать результаты обучения. Таким образом, возникает широкий круг вопросов, касающихся целей и задач оценивания учебных достижений, способов и форм такого оценивания, а также возможных решений проблемы мотивирования учащихся.

Вопрос о целях оценивания учебных достижений является основополагающим, т.к. именно от определения этих целей в каждом конкретном случае зависит ответ на все остальные вопросы. Эти цели могут быть различными, поскольку они зависят от вида изучаемой дисциплины и от целей ее изучения. Но в любом случае оценивание учебных достижений выполняет две основные функции – контролирующую и обучающую. Перечислим основные цели, которые может ставить перед собой преподаватель при проведении оценивания учебных достижений:

- проверка усвоения изученного теоретического материала;
- проверка приобретенных практических умений;
- проверка степени закрепления приобретенных практических навыков;
- проверка навыков ведения самостоятельной деятельности;
- развитие познавательных способностей обучающихся (восприятия, памяти, внимания, мышления, речи);
- углубление понимания изученного материала и его закрепление («обучение на ошибках»).

Для эффективного достижения этих целей преподаватель в ходе подготовки и проведения оценочных мероприятий должен решить следующие задачи.

1) Выделение элементов знаний и умений (навыков), подлежащих контролю.

Для решения этой задачи преподаватель должен провести структурный и содержательный анализ изученного материала и выделить основные элементы знаний, а также умения и навыки, которые должны быть усвоены обучающимися. К элементам знаний могут быть отнесены физические явления, понятия, физические величины, определения, физические законы, формулы, зависимости, приборы, методы (решения задач, проведения измерений, анализа данных, интерпретации результатов) и т.д. Подлежащие контролю уме-

ния и навыки необходимо выделить отдельно. Оценочное мероприятие будет строиться с целью проверки качества усвоения этих элементов знаний (всех или их части), а также освоения соответствующих умений (приобретения навыков).

#### 2) Определение требуемого уровня усвоения знаний и степени сформированности умений и навыков.

Принято выделять три уровня усвоения знаний и четыре степени сформированности умений и навыков.

*Уровни усвоения знаний:*

- воспроизводить элементы знаний;
- применять полученные знания к объяснению известных явлений;
- переносить изученное на область неизвестных обучающемуся явлений.

*Степени сформированности умений и навыков:*

- выполнять действия по образцу и под руководством преподавателя;
- выполнять действия по образцу самостоятельно;
- применять умения и навыки в знакомой ситуации;
- применять умения и навыки в незнакомой ситуации.

Задания для оценочного мероприятия нужно подбирать так, чтобы они обеспечивали проверку знаний, умений и навыков на определенном уровне (определенной степени).

#### 3) Определение метода, формы и средства контроля.

**Метод контроля** – это совокупность действий, направленная на получение преподавателем от обучающегося информации, анализ которой позволяет сделать вывод об уровне усвоения знаний и степени сформированности умений и навыков (например, проведение устной беседы или письменной работы).

**Форма контроля** – это конкретный способ реализации метода контроля (например – опрос, тестирование, зачет, экзамен и т.п.).

**Средство контроля** – это то, что используется для осуществления контроля. О методах и формах контроля мы поговорим ниже. Что касается средств контроля, то важно понимать, что они могут быть как материальными (например, напечатанные на бумаге задания, компьютерная тестирующая система, объекты для проведения манипуляций и т.п.), так и нематериальными (например, устно озвучиваемые вопросы).

Методы, формы и средства контроля следует выбирать так, чтобы они обеспечивали достижение поставленных целей оценочного мероприятия.

#### 4) Подготовка вопросов и заданий.

Исходя из предыдущих пунктов, нужно подобрать вопросы и задания, которые будут использоваться для проведения оценочного мероприятия. Эти вопросы и задания должны соответствовать целям проводимой оценки, должны быть реализуемыми в рамках избранных метода и формы контроля, должны допускать адекватную техническую реализацию при подготовке средств контроля. Кроме того, вопросы и задания должны допускать только однозначные и легко анализируемые и интерпретируемые ответы. Также

необходимо заранее продумать систему оценивания результатов выполнения обучающимися контрольных заданий.

#### 5) Проведение оценочного мероприятия.

Преподаватель должен заранее продумать, где и как именно будет проходить оценочное мероприятие. Если оно проходит в устной форме – то необходимо заготовить (записать на бумаге) задаваемые вопросы в необходимой последовательности и продумать способ фиксации правильности ответов обучающихся. Если проверка проводится в письменной форме – то нужно подготовить необходимый раздаточный материал (условия задач, вопросы тестов и т.п.). Если проверка проводится в форме компьютерного тестирования – то нужно заранее обеспечить «загрузку» вопросов в соответствующую тестовую систему и ознакомиться с технологией оценки этой системой результатов выполнения тестовых заданий. Если для проведения оценочного мероприятия необходимы ассистенты (в том числе технические специалисты), то их необходимо заранее пригласить. Аудиторию, в которой проводится мероприятие, нужно обеспечить всем необходимым для его проведения (стульями, мелом, бумагой, мультимедийным проектором и т.п.). Перед началом оценочного мероприятия необходимо объявить обучающимся правила его проведения: сколько времени мероприятие продолжается, чем можно и чем нельзя пользоваться, можно ли на время выходить из аудитории, каковы будут критерии успешности прохождения испытания, будет ли возможность еще раз принять участие в оценочном мероприятии и т.п.

#### б) Подведение итогов оценочного мероприятия.

После того, как оценочное мероприятие проведено, необходимо подвести его итоги. Итоги подводятся путем анализа ответов (действий) обучающихся во время оценочного мероприятия. Для удобства анализа, как правило, используют различные виды формализации ответов (действий) – ставятся баллы, «плюсики» и т.п. После завершения проверки всех работ проводится подсчет набранных баллов и делается вывод об уровне усвоения обучающимися проверяемых элементов знаний и степени сформированности у них проверяемых умений и навыков. На основании итогов оценочного мероприятия всегда должны делаться две группы выводов – для обучающихся и для преподавателя.

Выводы для обучающихся выражаются в тех или иных оценках, которые характеризуют усвоение знаний, приобретение умений и навыков. Выводы, которые делает для себя преподаватель, должны быть более многоплановыми. На основании итогов оценочного мероприятия преподаватель может (и должен) оценить эффективность используемых им методик преподавания, средств и методов обучения. Также с учетом полученных результатов преподаватель может скорректировать план преподавания дисциплины и отдельные этапы проведения занятий.

## **§2. Методы контроля. Основные формы промежуточного контроля. Рейтинг.**

Поговорим подробнее о методах и формах контроля. Начнем с методов. Вспомним, что **метод контроля** – это совокупность действий, направленная на получение преподавателем от обучающегося информации, анализ которой позволяет сделать вывод об уровне усвоения знаний и степени сформированности умений и навыков.

Обычно выделяют следующие методы контроля достижений обучающихся.

**А) Устная проверка** – бывает фронтальная или индивидуальная.

При устной фронтальной проверке преподаватель задает вопросы группе обучающихся. При этом ответы могут даваться следующими способами:

- преподаватель просит, чтобы ответил тот, кто сможет это сделать первым (соревнование);
- преподаватель просит поднять руки тех, кто знает ответ, а потом выбирает кого-то одного и просит его ответить;
- преподаватель сам предлагает два или три варианта ответа, и потом устраивает голосование.

При устной индивидуальной проверке преподаватель задает вопросы какому-либо одному обучающемуся, который может быть выбран преподавателем, либо может сам вызваться отвечать на вопросы. К устной индивидуальной проверке также относится ответ обучающегося у доски.

**Б) Письменная проверка** – это письменные проверочные работы, рефераты и обзоры, физические диктанты (используются в школе).

Письменная проверка – наиболее распространенный и популярный метод контроля. Его суть сводится к тому, что обучающимся предлагаются вопросы или задания, ответы на которые нужно дать в письменной форме. При этом вопросы могут быть как изложены на бумаге, так и задаваться устно. Популярность данного метода обусловлена тем, что он сочетает в себе высокую степень объективности с широтой охвата элементов знаний, умений и навыков, которые можно контролировать. В случае если в качестве письменной проверки учащемуся предлагается подготовить реферат или обзор, то это предоставляет возможность оценить умения обучающегося в области работы с источниками информации. (Следует отметить, что в последние годы, зачастую, процедура подготовки реферата сводится к поиску готового текста в сети Интернет, что сводит на нет все достоинства данного метода контроля.) Физический диктант мы здесь обсуждать не будем, т.к. этот метод контроля применяется в средней школе.

**В) Проверка практических умений** – к ней относятся индивидуальные и фронтальные лабораторные работы.

Индивидуальные лабораторные работы называются так потому, что во время соответствующего занятия каждый обучающийся выполняет свою персональную работу (не такую, как другие обучающиеся). Примером может

служить выполнению студентами работ в общем физическом практикуме физического факультета МГУ. Фронтальные лабораторные работы называются так потому, что во время занятия все обучающиеся выполняют одинаковые работы. Такой метод используется преимущественно в школе, хотя известны примеры реализации фронтального лабораторного практикума в условиях вуза.

Перейдем теперь к рассмотрению различных форм промежуточного контроля. Вспомним, что **форма контроля** – это конкретный способ реализации метода контроля. Сразу отметим, что в дидактике различают *предварительную, текущую, периодическую и итоговую* проверку. Первые три вида проверки как раз и являются составными частями промежуточного контроля.

Предварительная проверка проводится с целью выяснения исходного уровня знаний обучающихся – обычно такая проверка проводится перед началом изучения нового материала. Текущая проверка может осуществляться на всех этапах освоения учебного материала. Периодическая проверка проводится после изучения темы, раздела, части курса (но не всего курса). Промежуточный контроль обычно реализуется в следующих формах:

- опрос;
- самостоятельная работа;
- контрольная работа;
- коллоквиум;
- проверка самостоятельно выполненных заданий.

Рассмотрим кратко особенности каждой из этих форм.

**Опрос** более всего подходит для проведения предварительной и текущей проверок. Он подразумевает ответы обучающихся на вопросы, которые задает преподаватель. Эти вопросы должны быть ясно сформулированы и должны подразумевать однозначный ответ. Вопросы должны быть такими, чтобы обучающиеся либо знали ответы на них, либо могли быстро получить ответ, сопоставив и проанализировав известные им факты. Отметим, что во время опроса можно ставить и дискуссионные вопросы (то есть такие вопросы, ответ на которые не является очевидным или является парадоксальным, и потому требует обсуждения). Такие вопросы позволяют реализовать обучающую функцию процедуры оценивания учебных достижений.

**Самостоятельная работа** и **контрольная работа** реализуются путем выполнения обучающимися определенного набора заданий в течение установленного промежутка времени. При этом самостоятельная работа обычно бывает короткой (5-15 минут), а контрольная работа – длинной (45-90 минут, или даже более).

**Коллоквиум** – это беседа преподавателя с группой обучающихся, в ходе которой преподаватель может предлагать им выполнить различные задания – как устные, так и письменные. Фактически коллоквиум представляет собой мини-экзамен. Благодаря тому, что коллоквиум может продолжаться достаточно долго (1-4 часа), преподаватель может в ходе беседы достаточно подробно выяснить объем и глубину знаний каждого обучающегося – это

является главным достоинством коллоквиума. Основным же его недостатком служит то, что из всех форм промежуточного контроля данная форма требует наибольших затрат времени и усилий преподавателя. В то же время, коллоквиум весьма эффективно реализует обучающую функцию процедуры оценивания учебных достижений, и, вдобавок к этому, сильно облегчает обучающимся подготовку к прохождению итогового контроля. Вдобавок к этому, преподаватель по итогам коллоквиума может принять решение о том, чтобы не выносить на экзамен ряд вопросов для тех обучающихся, которые успешно сдали коллоквиум по определенным темам.

**Проверка самостоятельно выполненных заданий** отличается от всех остальных форм промежуточного контроля тем, что обучающимся предлагается выполнить какие-либо задания в отсутствие ограничений – как во времени, так и в использовании справочных материалов. Типичным примером такой формы контроля является проверка домашних заданий.

Важную функцию в реализации процедуры оценивания учебных достижений играет ведение преподавателем **рейтинга** обучающихся. Рейтингование стало весьма популярным в последнее время, а в ряде вузов и на некоторых кафедрах МГУ имени М.В. Ломоносова ведение рейтингов успеваемости обучающихся вменено преподавателям в обязанность (что требует дополнительных затрат времени и усилий). Поэтому рассмотрим более подробно использование рейтинговой системы.

Сущность рейтинга состоит в том, что каждое учебное достижение оценивается заранее определенным количеством баллов, которые потом суммируются. Поэтому первым (и самым трудным) этапом внедрения рейтинговой системы является разработка правил ведения рейтинга. Необходимо определить, какие учебные достижения будут оцениваться, каким количеством баллов они будут оцениваться, по каким правилам будут начисляться эти баллы, в какие моменты будут начисляться баллы, сколько необходимо набрать баллов для получения поощрения (например, зачета), где проходит черта, отделяющая успешных и неуспешных обучающихся. Опыт показывает, что чрезвычайно трудно разработать правила ведения рейтинга, которые обеспечивают объективную оценку учебных достижений обучающихся и при этом не содержат серьезных «перекосов».

Поясним сказанное на примере. Предположим, что решено включать в рейтинг баллы за выполнение домашнего задания (то есть добавлять за выполненное домашнее задание определенное количество баллов независимо от того, когда задание выполнено и представлено преподавателю). Тогда велика вероятность того, что домашнее задание будет сделано одним обучающимся, а остальные это задание у него спишут, и таким образом все обучающиеся получат нужные баллы. Возникает мысль, что ситуацию можно исправить, если назначать срок представления домашнего задания (такой, чтобы все обучающиеся не успели списать), и тем, кто сдал задание раньше – ставить больше баллов, а остальным ставить меньше. Но введение такой системы приведет лишь к тому, что обучающиеся установят между собой очередность

сдачи домашних заданий (т.е. в течение семестра каждый из них несколько раз будет сдавать задание «первым»). Это позволит всем обучающимся к концу семестра иметь примерно одинаковую сумму баллов за домашнее задание, что сведет эффективность ведения рейтинга практически к нулю.

После того, как правила ведения рейтинга разработаны, необходимо подготовить и официально утвердить Положение о соответствующем рейтинге. В этом Положении должна быть описана вся процедура ведения рейтинга. Очень важно, чтобы в Положении содержались пункты, которые устанавливают систему поощрений и наказаний для обучающихся, которые занимают в рейтинге высшие и низшие позиции (и, само собой, должны быть определены границы этих позиций).

Далее преподавателям остается только вести рейтинг в соответствии с утвержденным Положением.

Достоинствами рейтинговой формы контроля являются прозрачность критериев оценивания для обучающихся, минимальная субъективность (оценивание ведется по формальным критериям), простота процедуры оценивания для преподавателя.

К недостаткам можно отнести формальность оценивания и необходимость дополнительных трат времени и усилий со стороны преподавателя на ведение рейтинга.

Отметим также, что рейтинг в значительной степени теряет свою эффективность в том случае, если его итоги никак не влияют на возможность успешного прохождения обучающимся итоговой аттестации. Кроме того, плохо продуманная система ведения рейтинга зачастую приводит к неадекватной оценке учебных достижений обучающихся.

### **§3. Зачет и экзамен как главные формы итогового контроля. Тестирование.**

Перейдем к рассмотрению двух главных форм итогового контроля – зачета и экзамена.

**Зачет** – это форма проверки *определенного набора* знаний и навыков, полученных обучающимися на любых занятиях (лекционных, семинарских, практических), а также обязательных самостоятельных работ (чертежей, рефератов и т.п.). Зачеты бывают без оценки и с оценкой. По форме проведения такие зачеты не различаются, но зачет с оценкой может быть более весомым с юридической точки зрения (например, законодательство может предусматривать невыплату стипендии обучающимся, которые сдали зачет с оценкой на «удовлетворительно»).

Зачеты по разным дисциплинам могут весьма сильно отличаться по способу проведения, но для «классического» зачета характерны следующие отличительные признаки:

- уклон в сторону «практической» части изучаемой дисциплины (применительно к физике существенно большее внимание уделяется владению ме-

тодами решения задач или своевременному и правильному выполнению задач практикума, чем строгому знанию положений теории);

- отсутствие строго определенного набора вопросов для подготовки к зачету (вместо них часто используется программа изучения дисциплины).

Такой подход к приему зачета дает возможность хорошо успевающим обучающимся продемонстрировать в течение семестра свое уверенное владение учебным материалом, и получить зачет «по совокупности учебных достижений» – как говорят, «автоматом».

Перед приемом зачета (чем раньше, тем лучше) преподавателю нужно установить некоторые критерии, при удовлетворении которым обучающийся должен получать зачет. Наличие таких критериев существенно облегчает преподавателю прием зачета, и, кроме того, значительно снижает степень субъективности оценки учебных достижений обучающихся. Кроме того, такие критерии служат ориентиром для обучающихся, и стимулируют их к достижению определенного уровня владения учебным материалом, позволяющим сдать зачет.

**Экзамен** – это форма проверки *всей совокупности* знаний и навыков, полученных обучающимися в течение изучения учебной дисциплины. Прием экзамена в условиях высшего учебного заведения всегда заканчивается выставлением оценки (хотя, в принципе существуют экзамены, которые оцениваются по системе «сдано – не сдано»; примером такого экзамена может служить экзамен на получение водительского удостоверения).

Экзамены по разным дисциплинам также могут сильно отличаться по способу проведения, но для «классического» экзамена характерны следующие признаки, которые, помимо прочего, отличают его от зачета:

- уклон в сторону «теоретической» части изучаемой дисциплины (применительно к физике существенно большее внимание уделяется знанию положений теории – определений, формулировок физических законов, условий их применимости, выводам формул и т.п.), хотя в ходе экзамена могут проверяться и практические навыки (например, владение приемами решения задач);

- наличие строго определенного набора вопросов для подготовки к экзамену (это могут быть готовые билеты, а может быть перечень вопросов, из которых потом формируются билеты).

И зачет, и экзамен могут проводиться методом устной проверки, письменной проверки или смешанным методом (письменно-устная проверка). В последнем случае обучающимся перед началом экзамена предлагается выполнить короткую письменную работу, которая затем проверяется и обсуждается во время устной части экзамена.

При приеме экзамена для преподавателя очень важным является обеспечение справедливости и объективности оценивания знаний обучающихся. Нельзя завышать оценки (например, нежелательно ставить отличную оценку только за то, что обучающийся ответил на все вопросы билета – надо обязательно задать несколько несложных вопросов по темам, которые не отраже-

ны в вопросах билета). Также нельзя занижать оценки (например, нехорошо ставить низкую оценку обучающемуся, который хорошо знает материал учебной дисциплины, уверенно в нем ориентируется, но недостаточно хорошо разобрался в некоторых особо тонких вопросах теоретического материала).

Одним из возможных способов обеспечения справедливости и объективности оценивания знаний обучающихся является проведение контроля учебных достижений обучающихся методом тестирования.

**Тестирование** – это форма контроля знаний обучающихся, обеспечивающая унифицированную проверку знаний, основанную на предъявлении большого числа типовых заданий, которые требуют либо дачи краткого ответа, либо выбора ответа из определенного набора вариантов. Задания, которые требуют дачи краткого ответа (например, числового) называются заданиями со свободным ответом (вопросами открытого типа), а задания, которые предполагают выбор ответа из определенного набора вариантов, называются вопросами закрытого типа.

Тестирование пригодно для проведения и промежуточного, и итогового контроля. Отметим, что тестирование обычно не включают в рассмотренную выше классификацию методов контроля (тестирование нельзя однозначно отнести ни к устной, ни к письменной проверке, ни к проверке практических умений). Тестирование может проводиться как с помощью бумажных носителей, так и с применением компьютера (во втором случае компьютер и предъявляет вопросы, и оценивает правильность ответов обучающихся).

К достоинствам тестирования можно отнести объективность (отсутствие влияния человеческого фактора на принятие решения об оценке учебных достижений обучающегося), массовость (один преподаватель может провести зачет или экзамен для нескольких сотен обучающихся), быстроту (зачет или экзамен заканчивается через строго определенное время).

К недостаткам тестирования относятся ограниченность возможного круга вопросов (не обо всем можно спросить так, чтобы правильный ответ давался в виде числа или мог быть выбран из нескольких вариантов), невозможность проверки ряда умений (например, умения получать ответ задачи в общем виде и анализировать его), необходимость обеспечения высокого качества тестовых заданий.

Последняя проблема чрезвычайно важна. Действительно, если, например, во время сдачи письменного зачета или устного экзамена обнаружилась некорректно поставленная задача, то обучающиеся могут задать преподавателю уточняющие вопросы, а преподаватель может тут же скорректировать задание. Если преподаватель случайно сам неправильно решит предложенную в экзаменационном варианте задачу и неправильно оценит работы обучающихся, то они, обнаружив это, могут обратиться к преподавателю с просьбой разобраться – и ситуацию можно выправить. Если же что-либо подобное случится во время тестирования, то шансы заметить и исправить ошибку будут весьма малы. Именно поэтому к заданиям, предназначенным

для тестирования, должны предъявляться повышенные требования. В частности, такие задания должны проходить несколько научных экспертиз, а также лингвистическую и тестологическую экспертизу. (Тестолог – сравнительно новая профессия; эти специалисты занимаются теоретическими и практическими вопросами в области изучения тестов и тестового метода контроля знаний, навыков, умений и т.д.).

Отметим, что развитие тестового метода оценивания учебных достижений обучающихся привело в последние годы к бурному развитию такого раздела педагогической науки, как *педагогические измерения*.

#### **§4. Проблема мотивирования. Приемы мотивирования обучающихся.**

**Мотивация** (от латинского «*movere*» – движение) – побуждение к действию; психофизиологический процесс, управляющий поведением человека, задающий его направленность, организацию, активность и устойчивость; способность человека деятельно удовлетворять свои потребности.

Применительно к обучению чему-либо (в том числе, и физике) формирование мотивации (то есть внутренней направленности на изучение дисциплины) сводится к созданию у учащихся *мотивов* учения.

**Мотив** (побудительная причина, довод в пользу чего-либо, повод к какому-нибудь действию) рассматривается в методической науке как причина, побуждающая учебную деятельность, как исходный момент этой деятельности.

Мотивы с точки зрения методической науки принято делить на две группы – социальные мотивы и познавательные мотивы.

**Социальные мотивы** – это побуждения, связанные с различными взаимодействиями обучающихся с другими людьми, как в данный момент, так и в будущем. Выделяют следующие социальные мотивы:

- широкие – стремление получать знания для того, чтобы быть полезным обществу, получить профессию;
- узкие – стремление занять определенное место среди других, быть благополучным, одобряемым, иметь престижную работу;
- социального сотрудничества – стремление сотрудничать с учителем, с другими обучающимися, со всеми, кто имеет отношение к учебному процессу.

**Познавательные мотивы** – это побуждения, связанные с содержанием и процессом самой учебной деятельности. Выделяют следующие познавательные мотивы:

- общие – интерес к методам познания, к самостоятельной работе, к освоению приемов рационального труда;
- предметные – ориентированность на овладение знаниями по конкретному предмету;

- самообразовательные – направленность на самостоятельное совершенствование знаний, на саморегуляцию в учебной деятельности.

Одним из наиболее важных познавательных мотивов является **познавательный интерес** (он относится к общим познавательным мотивам). Этот мотив, развиваясь, на более высоком уровне может стать свойством личности. В процессе развития познавательного интереса выделяют несколько этапов.

На первом этапе возникает *любопытство* – оно является естественной реакцией любого человека на всё новое.

На втором этапе любопытство перерастает в *любопытность*. Она по своей психологической природе близка к интересу, но отличается от него неустойчивостью, слабой выраженностью, отсутствием конкретной направленности.

На третьем этапе любопытность сменяется *эпизодическим (ситуативным) интересом*, который возникает как реакция на методы преподавания нового материала и на его содержание.

Наконец, на следующем, четвертом этапе может возникнуть *устойчивый познавательный интерес*, который не зависит от методов преподавания материала, а целиком определяется его содержанием. При благоприятном стечении обстоятельств устойчивый познавательный интерес становится *направленностью личности*, то есть распространяется в той или иной степени на все сферы бытовой и профессиональной деятельности человека.

Для возникновения познавательного интереса наиболее существенны внешние условия, обеспечивающие получение нужных объемов впечатлений и информации, а также накопление минимального набора знаний и приобретение некоторого опыта, которые необходимы для начала самостоятельной познавательной деятельности.

Формировать познавательный интерес в различных областях знаний можно разными способами. В качестве примера приведем перечень приемов, способствующих формированию познавательного интереса, которые выделил известный популяризатор науки Яков Исидорович Перельман (1882 – 1942):

- 1) иллюстрация положений науки событиями современности;
- 2) привлечение примеров из техники;
- 3) использование художественной литературы, легенд, сказаний;
- 4) рассмотрение различных фантастических ситуаций;
- 5) использование софизмов и парадоксов;
- 6) анализ бытующих предрассудков;
- 7) неожиданные сопоставления;
- 8) рассмотрение примеров, взятых из повседневной жизни;
- 9) анализ математических «фокусов», использование подвижных и настольных игр;
- 10) обсуждение использования физических закономерностей на сцене, на эстраде, в цирке и кино;
- 11) экскурсии в историю науки.



Я.И. Перельман.

Скажем несколько слов об Я.И. Перельмане – российском и советском математике, физике, журналисте, педагоге и популяризаторе точных наук. По образованию он – ученый-лесовод (окончил лесной институт). Автор классических научно-популярных книг «Занимательная физика», «Занимательная геометрия», «Занимательная арифметика», «Занимательная математика», «Занимательная астрономия», «Занимательная механика», «Занимательная алгебра», «Знаете ли вы физику?», «Живая математика», «Занимательные задачи и опыты» и множества других. После выхода в свет в 1913 году первой части книги «Занимательная физика» Я.И. Перельман познакомился с профессором Петербургского университета, автором классического курса общей физики О.Д. Хвольсоном. Узнав, что книга написана не учёным-физиком, а учёным-лесоводом, профессор Хвольсон сказал Якову Исидоровичу: *«Лесоводов-учёных у нас предостаточно, а вот людей, которые умели бы так писать о физике, как пишете Вы, нет вовсе. Мой вам настоятельный совет: продолжайте, обязательно продолжайте писать подобные книги и впредь.»* Всего за свою жизнь Я.И. Перельман опубликовал более 1000 статей и заметок, 47 научно-популярных и 40 научно-познавательных книг, 18 школьных учебников и учебных пособий. В СССР его книги издавались более 500 раз. Наиболее известные книги переведены на 21 язык народов СССР и более чем на 20 языков народов мира. Общий тираж изданий неизвестен, оценивается в 14-15 млн. экз. или даже более.

Вернемся к проблеме мотивирования. Какие же существуют способы мотивирования обучающихся? Под **мотивированием** обычно понимаются способы формирования различных мотивов с целью создания мотивации.

Существует ряд приемов, которые преподаватель может применять в различных ситуациях для мотивирования обучающихся. Эти приемы можно разделить на несколько групп, хотя, в общем и целом, все эти приемы имеют общую основу – всем известный метод «кнута и пряника».

Первая группа приемов мотивирования – **эмоциональные**. К ним относятся:

- похвала или поощрение (или обещание поощрения);
- порицание или наказание (или обещание наказания);
- стимулирующее положительное оценивание (публичная высокая оценка учебных достижений обучающегося);
- удовлетворение желания обучающегося ощущать себя значимой личностью (непубличное одобрение познавательной деятельности обучающегося);
- имитация свободы выбора (свободный выбор задания, которое потом становится обязательным);
- создание выразительных, наглядных образных представлений (яркое и эмоциональное изложение учебного материала).

Вторая группа приемов мотивирования – **познавательные**. К ним относятся:

- создание проблемных ситуаций (ставится интересная проблема, для решения которой обучающийся должен задуматься, изучить литературу, спросить друзей и т.п.);
- выполнение творческих заданий (таких, для выполнения которых недостаточно применить стандартные методы);
- побуждение к поиску альтернативных решений (постановка задач, которые трудно решаются стандартными методами и имеют красивое и простое нестандартное решение);
- использование метода «мозгового штурма» (коллективное обсуждение интересного и нетривиального вопроса);
- использование сравнений и аналогий, постановка опытов, формулировка парадоксов (использование средств наглядности, межпредметных связей, логических противоречий);
- исторические экскурсы (рассказ о научных открытиях, об эпизодах из биографий известных ученых, об исторических фактах, которые имеют интересные связи с изучаемой дисциплиной).

Третья группа приемов мотивирования – **волевые**. К ним относятся:

- предъявление к обучающимся определенных требований (по посещению занятий, дисциплине, оформлению тетрадей, выполнению заданий, выдерживанию установленных сроков и т.п.);
- информирование обучающихся об обязательных результатах обучения (что должны знать и уметь обучающиеся для получения зачета или экзамена, и что ожидает тех, кто не достигнет нужных минимальных результатов обучения);

- рефлексия поведения (рефлексия – обращение внимания человека на самого себя и на свое сознание; в данном случае речь идет про обращение внимания обучающегося на свое поведение применительно к процессу приобретения знаний);

- создание ситуаций преодоления затруднений в познавательной деятельности (нужно ставить перед обучающимся трудные задачи и помогать решать часть этих задач – оставшиеся задачи обучающиеся должны решать сами);

- прогнозирование будущей деятельности (обучающимся нужно приводить примеры возможных ситуаций из их будущей профессиональной и бытовой деятельности, в которых могут пригодиться получаемые знания).

Четвертая группа приемов мотивирования – **социальные**. К ним относятся:

- развитие желания быть полезным обществу (обучающимся нужно рассказывать, где они смогут в дальнейшем применить свои знания, как смогут их использовать на благо обществу и себе лично);

- сопереживание (нужно адекватно реагировать на успехи и неудачи обучающихся, помогать им решать возникающие в процессе обучения проблемы);

- поощрение взаимопомощи (нужно стимулировать обучающихся к оказанию друг другу помощи в освоении учебного материала);

- поиск контактов и сотрудничество (преподаватель должен стремиться наладить с обучающимися положительный контакт).

Каждый практикующий преподаватель, наряду с этими приемами, владеет и другими приемами (они могут быть индивидуальны, поскольку находятся в сильной взаимосвязи с личностными качествами преподавателя).

### **Рекомендованная литература.**

1. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы. Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др.; Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.

2. Щукина Г.И. Проблема познавательного интереса в педагогике. – М.: Просвещение, 1971. – 368 с.

## Глава 6.

**Лекция по дисциплине естественнонаучного профиля. Понятийный аппарат. Определения, формулировки, теоремы, математическая запись закономерностей.**

**Демонстрационный эксперимент на лекции.**

**Работа преподавателя с доской, с демонстрационным экспериментом. Работа преподавателя с аудиторией. Опорные фразы. Мнемонические правила.**

**Аналогии. Подсказки.**

### **§1. Небольшое введение.**

В первой части курса мы довольно подробно рассмотрели ряд общих вопросов, связанных с методикой преподавания. Мы обсудили общие принципы построения учебных дисциплин, поговорили про составные части учебной дисциплины и про основные виды учебных занятий. Также мы перечислили цели, задачи и основные этапы лекций, семинарских занятий и практикумов, поговорили немного о демонстрационном и учебном лабораторном эксперименте, о способах оценивания учебных достижений обучающихся. Были кратко затронуты вопросы нормативно-правового обеспечения учебного процесса и истории преподавания физики как учебной дисциплины.

Далее нам нужно рассмотреть конкретные примеры применения теоретических положений, которые были сформулированы и проанализированы. Поэтому мы будем постепенно переходить к обсуждению частной методики преподавания физики – на примере преподавания различных разделов курса общей физики.

Сначала рассмотрим некоторые вопросы, касающиеся общей стратегии чтения лекции по дисциплине естественнонаучного профиля. Будем исходить из того, что всё необходимое для чтения лекции уже заготовлено, то есть имеется план преподавания курса, определена тематика всех лекций, составлены планы и конспекты лекций, подобраны демонстрационные эксперименты и весь необходимый иллюстративный материал. Осталось только прочесть лекции. Как же нужно действовать лектору для того, чтобы лекция получилась хорошей и принесла пользу обучающимся? Само собой разумеется, что каждый лектор самостоятельно решает, как именно ему следует читать лекции. Но, тем не менее, можно сформулировать ряд общих рекомендаций, следование которым позволяет повысить качество чтения лекций, и предложить некоторый набор методических приемов, дающих возможность поднять эффективность усвоения обучающимися нового материала и стимулировать их познавательную активность. Большая часть этих рекомендаций пригодна и для проведения семинарских занятий. Этим рекомендациям и посвящена настоящая лекция.

Отметим, что значительная часть методических идей, которые кратко излагаются в данной лекции, принадлежит профессору Владимиру Ивановичу Николаеву.

В.И. Николаев (1936 – 2015) – профессор физического факультета МГУ, в течение многих лет преподававший курс общей физики студентам 1 и 2 курсов. Известный отечественный ученый и выдающийся методист. Его высочайший профессионализм ученого-физика и педагога, а также исполнительское мастерство всегда обеспечивали высокий интерес студентов к читаемым им лекциям. Он был одним из ведущих лекторов физического факультета МГУ. Многие нынешние лекторы и преподаватели физического факультета являются учениками В.И. Николаева.



*В.И. Николаев.*

## **§2. Определения, формулировки, теоремы, математическая запись закономерностей при чтении лекции по дисциплине естественнонаучного профиля.**

При чтении лекции необходимо четко **выделять основные элементы знаний**, на которых базируется изложение материала на данной и на следующих лекциях. Эти элементы знаний нужно аккуратно формулировать так, чтобы обучающиеся успевали их зафиксировать. К числу таких основных элементов знаний, прежде всего, относятся:

- определения (математических понятий, физических объектов, процессов или величин);
- формулировки (математических свойств, физических законов, сущности физических процессов);
- теоремы (в математике и в физике).

Наибольшая ясность тут имеется с математическими определениями, формулировками и теоремами – они, как правило, являются «каноническими» настолько, что изменение или исключение хотя бы одного слова зачастую ведет к радикальному искажению смысла определяемых величин и к полному изменению получаемых в ходе доказательств результатов. Поэтому тут следует соблюдать аккуратность и следовать математическому «канону».

Если речь идет про физические определения и формулировки, то тут не всё так однозначно. Конечно же, есть набор «классических» формулировок и определений. Но во многих случаях одно и то же понятие можно определить, пользуясь разными словами, поэтому можно составлять собственные формулировки. При это нужно следить, чтобы используемые словесные конструкции не были внутренне противоречивыми, а также чтобы они не противоре-

чили опыту и здравому смыслу. Для проверки корректности используемых формулировок полезно применять методический прием «приведение контр-примера». Сущность этого приема состоит в попытке придумывания примера, который опровергает используемое определение или формулировку. Если такой пример придумать удалось, значит используемая формулировка неверна. Если же не удалось – то есть надежда, что предлагаемое определение годится (но нет гарантии, что контрпример не придумает кто-то еще!).

Можно выделить следующие пять видов определений, используемых в курсе общей физики:

- 1) словесная формулировка (определение массы, тепловой машины, потенциала, тонкой линзы и т.п.);
- 2) формула;
- 3) сочетание словесной формулировки и формулы;
- 4) небольшой рассказ (например, про броуновское движение);
- 5) сведение к частному случаю (с помощью слов «это когда, например...») – используется редко из-за очевидной нестрогости).

Сущность этих видов определений интуитивно понятна.

При составлении формулировок рекомендуется придерживаться следующих правил:

- 1) начинать формулировку надо с определяемого понятия;
- 2) определения, даваемые в формулировке, должны быть логически однозначными;
- 3) в формулировке, касающейся физической величины, должно содержаться указание на способ ее экспериментального определения;
- 4) определяемое понятие должно фигурировать в формулировке в именительном или творительном падеже;
- 5) в тексте формулировки полезно использовать указательное местоимение «это» – оно отделяет наименование определяемой величины от собственно определения, и выполняет функцию «указателя» на самое трудное место формулировки;
- 6) не следует использовать вместо полной формулировки ее сокращенную версию – это может привести к появлению ошибочной формулировки;
- 7) формулировка должна отвечать очевидным требованиям здравого смысла.

Что касается теорем в курсе общей физики, то можно выделить их следующие разновидности:

- 1) теорема, как доказуемое утверждение (например, теорема о движении центра масс, теорема Гюйгенса-Штейнера);
- 2) теорема как закон (например, закон Архимеда, закон Паскаля, законы сохранения в механике);
- 3) теорема в виде формулы (например, уравнение Бернулли, уравнение Клапейрона-Клаузиуса);

4) теорема в виде аналогии (например, получение формулы Томсона из аналогии между колебаниями пружинного маятника и идеального колебательного контура);

5) теорема в виде задачи (при решении какой-либо частной задачи получается полезное соотношение);

б) теорема-«самоделка» (например, правило написания уравнения кинематической связи при рассмотрении систем, состоящих из грузов и блоков).

При чтении лекции необходимо уделять внимание **корректной и структурированной математической записи** обсуждаемых на лекции закономерностей. При этом рекомендуется учитывать следующее.

1) Закономерности нужно записывать в общепринятом виде.

2) Для записи закономерностей нужно использовать общепринятые или интуитивно понятные обозначения.

3) Если закономерность содержит знак равенства, то слева от него должны содержаться зависимые величины, а справа – определяющие (например,  $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$ ).

4) При проведении математических преобразований желательно последовательно приводить промежуточные выражения к такому виду, чтобы каждый следующий этап преобразований был понятен.

5) При подстановке в используемые математические выражения каких-либо величин нужно в явном виде отражать это, записывая на доске соответствующие значения.

Само собой, проводимые преобразования необходимо пояснять, ссылаясь на известные обучающимся факты – правила, теоремы, свойства и т.п. В особо трудных для понимания случаях рекомендуется отдельно записывать применяемые математические соотношения или проводить элементы сложных вычислений.

### **§3. Работа преподавателя с доской и с демонстрационным экспериментом.**

Очень важную роль при чтении лекции по общей физике играет **навык работы преподавателя с аудиторной доской**. От того, насколько качественно ведутся записи на доске, зависит то, что в итоге останется у обучающегося в конспекте, и впоследствии будет им использоваться для изучения теоретического материала и для подготовки к аттестации. Поэтому дадим несколько рекомендаций, касающихся работы с аудиторной доской.

1) Записи на доске должны вестись (как ни банально это звучит).

Следует помнить о том, что при чтении лекций по физике и по математике демонстрация презентаций не может заменить ведение записей на доске. Это можно обосновать при помощи следующих соображений. Во-первых, человек пишет гораздо медленнее, чем говорит и, тем более, чем читает – поэтому обучающиеся успевают составить хороший конспект только в том случае, если лектор сам записывает на доске всё то, что должно попасть в

тетрадь (либо диктует это). Во-вторых, наибольшая эффективность восприятия информации достигается при сочетании трех разных каналов ее восприятия – визуального (зрительного), аудиального (слухового) и кинестетического (через комплекс ощущений). Поскольку при демонстрации презентаций лектор практически никогда не «проговаривает» от начала до конца все представленные там формулы, а обучающийся вынужден переписывать готовые результаты, то таким образом из процесса восприятия исключается аудиальный канал, а кинестетический канал ограничивается.

2) Записи должны вестись крупными символами и разборчивым почерком.

Нужно обязательно принимать во внимание размер аудитории и расстояние, на котором доска располагается от обучающихся.

3) Записи должны вестись последовательно.

При этом нужно руководствоваться следующим основным принципом: **всё, что написано позже, должно находиться либо правее, либо ниже.**

4) В необходимых случаях записи необходимо снабжать чертежами.

Обозначения на этих чертежах должны соответствовать обозначениям, используемым в записываемых на доске формулах.

5) Важные результаты после их получения необходимо визуально выделять (например, подчеркивать или обводить в рамку).

Если эти результаты необходимы на лекции в течение некоторого промежутка времени, то нужно следить за тем, чтобы не стереть их (либо чтобы они оставались видимыми обучающимся, если используются движущиеся или створчатые доски).

6) Записи, относящиеся к разным структурным элементам лекции (к разным разделам, параграфам) нужно отделять на доске друг от друга заметной чертой.

Это позволит обучающимся избежать путаницы в своих конспектах.

Также важное место в структуре лекции по общей физике занимает **демонстрационный эксперимент**. О технике подготовки и о методике показа демонстрационного эксперимента в нашем курсе уже говорилось. Поэтому дадим несколько рекомендаций, касающихся непосредственно процедуры показа таких экспериментов.

1) Демонстрационные установки желательно располагать на демонстрационном столе или на полу в аудитории в том порядке, в котором они будут использоваться (то есть слева направо – если смотреть со стороны студентов). Исключение из этого правила можно делать в тех случаях, когда другое расположение установок диктуется их техническими особенностями. Например, если необходимо подключение установки к источнику проточной воды, то располагать ее можно только возле водопроводного крана. Если размеры установки таковы, что она не везде помещается, то располагать ее можно только там, где для нее достаточно места. Если результат какого-то опыта проецируется на экран, то другое оборудование не должно заслонять этот экран – и т.п.

2) Перед началом показа демонстрации нужно кратко (в минимально необходимом для понимания сути дела объеме) рассказать об устройстве демонстрационной установки. При этом не следует вдаваться в лишние технические подробности, которые могут только затуманить вопрос.

3) Перед началом показа (во время показа) демонстрации необходимо рассказать о том, какие манипуляции предполагается проводить (какие манипуляции проводятся) с демонстрационным оборудованием.

4) При показе опыта демонстратору нужно располагаться так, чтобы не заслонять собой демонстрационную установку или результат ее функционирования. Для этого необходимо заранее удачно разместить установку в аудитории, предусмотреть удобные подходы к ней.

5) Необходимо пояснять результаты всех опытов. Иными словами, в течение лекции (не обязательно непосредственно после демонстрации опыта – можно и значительно позже) нужно рассказать, какой получается результат, и прокомментировать (объяснить) этот результат.

6) Если позволяет время и есть техническая возможность, желательно повторять показ важных, либо эффектных демонстраций более одного раза – это способствует закреплению полученных знаний, лучшему усвоению сути наблюдаемых физических явлений.

Эффективность использования демонстрационного эксперимента значительно повышается, если преподаватель сам умеет показывать соответствующие опыты. Это дает преподавателю возможность лучше соотносить ресурсы демонстрационного эксперимента с излагаемым на лекции теоретическим материалом, а также более качественно объяснять результаты, получаемые в ходе демонстрационных экспериментов.

#### **§4. Работа преподавателя с аудиторией. Опорные фразы. Мнемонические правила. Аналогии. Подсказки.**

Для успешного и качественного чтения лекции преподавателю необходимо **работать с аудиторией**. Это дает преподавателю возможность установить и поддерживать контакт с обучающимися, что способствует повышению качества усвоения материала, служит инструментом поддержания дисциплины, а также реализует канал обратной связи между преподавателем и обучающимися (этот канал необходим, в частности, для оперативной корректировки используемой методики изложения тех или иных вопросов). Про хороших лекторов говорят, что они «держат» аудиторию.

Можно дать несколько общих рекомендаций, которые могут быть полезны преподавателю при работе с аудиторией.

1) При чтении лекции нужно преимущественно располагаться лицом к аудитории (за исключением эпизодов, когда необходимо вести записи на доске, либо настраивать демонстрационное оборудование).

2) Лекцию нужно читать громко, в среднем темпе.

3) Наиболее важные места (исходные тезисы рассуждений, определения, формулировки, теоремы, нетривиальные логические переходы и т.п.) нужно выделять интонационно.

4) Нужно правильно выбирать уровень подробности изложения материала, то есть:

- не нужно излишне подробно излагать простой и понятный материал;
- нельзя пропускать нетривиальные или трудные для понимания моменты, объявляя их «очевидными»;

- если лекционное время не позволяет провести какой-либо вывод или доказательство, то нужно ознакомить обучающихся с конечным результатом, кратко пояснить, как он может быть получен, и обязательно указать источник информации, из которого можно почерпнуть более полные сведения по данному вопросу.

5) Необходимо периодически контролировать – понимают ли обучающиеся излагаемый материал? Для этого нужно задавать аудитории какие-либо вопросы, и стараться получить на них ответы.

6) Нужно создать механизм минимальной обратной связи. Обучающиеся должны иметь возможность указать на ошибку в записях на доске (настоящую или мнимую), задать вопрос и получить на него разумный ответ. При этом лектор должен обстоятельно отвечать непосредственно на лекции только на действительно серьезные вопросы, которые важны для понимания лекционного материала. Также можно очень кратко отвечать на такие вопросы, ответы на которые требуют минимума лекционного времени (в частности, допускают односложный ответ – например, «да» или «нет»). Ответы на остальные вопросы нужно выносить на время после лекции, либо на консультацию.

7) При чтении лекции очень полезно иногда «разрядить обстановку» – рассказать интересную историю, поучительный случай, или просто подходящий к месту анекдот.

Как при чтении лекций, так и при реализации других форм учебной деятельности, можно использовать **ряд методических приемов**, которые повышают эффективность работы преподавателя с аудиторией и способствуют улучшению усвоения изучаемого материала. К таким приемам можно отнести использование *опорных фраз, мнемонических правил, аналогий, под-сказок*.

**Опорная фраза** – это такая фраза, которая может служить или напоминанием, или предостережением, или может рождать ассоциативную связь, облегчающую нужные воспоминания. В роли таких фраз могут выступать формулировки, определения, теоремы, правила, типовые учебные вопросы, различные короткие виды важных утверждений. Примерами опорных фраз могут служить, например, следующие: «Инерция эквивалентна тяготению» (напоминание о принципе эквивалентности Эйнштейна); «Последствия противодействуют причине» (краткая суть принципа Ле Шателье – Брауна); «Лоренцево сокращение длины» (напоминание о том, что движущийся отрез-

зок сокращается); «Здесь работает Максвелл» (о том, что можно пользоваться распределением Максвелла); «На какую тему задача?» (заставляет задуматься о том, какие физические законы и формулы можно попробовать применить). Отметим, что опорные фразы, в большинстве своем, не являются строгими утверждениями, и поэтому играют лишь вспомогательную, но очень важную роль – помогают вспоминать нужные формулировки, законы, правила и т.п.

**Мнемоническое правило** (от древнегреческого *μνημονικόν* – искусство запоминания) – это правило, основанное на придуманной закономерности и сформулированное в виде, удобном для запоминания. Существует большое количество таких правил, придуманных разными людьми. Эти правила могут быть сформулированы самым причудливым образом, часто с нарушением правил русского языка, правил логики, а случается – вообще могут выглядеть полной бессмыслицей для непосвященных. Это не страшно, так как главное назначение этих правил – быть легко запоминаемыми и содержать в себе очевидный рецепт восстановления или вспоминания нужной информации. Поэтому мнемонические правила зачастую представляются в виде коротких стихов, либо облекаются в юмористическую форму.

Приведем некоторые примеры мнемонических правил.

Так, всем известна фраза, облегчающая запоминание порядка следования семи основных цветов в спектре: «Каждый Охотник Желает Знать Где Скрывается Фазан» – Красный, Оранжевый, Желтый, Зеленый, Голубой, Синий, Фиолетовый.

В качестве образца «стихотворного» мнемонического правила можно привести «рецепт» запоминания формулы для элементарного объема в сферической системе координат – он стилизован «под Маяковского»:

*«В сто сорок солнц закат пылал,  
В июль катилось лето.  
Эр-квадрат на синус тэта  
Дэ-эр, дэ-фи, дэ-тэта.»*

Если расшифровать – получится:  $dV = r^2 \sin \theta dr d\varphi d\theta$ .

Как пример «юмористического» мнемонического правила можно вспомнить «рецепт» запоминания формулы, связывающей емкость конденсатора с зарядом на его обкладках и напряжением между ними: эта формула называется «Формула ку-ку» – то есть «Цэ равно Ку к У» ( $C = Q/U$ ).

Другие примеры мнемонических правил, относящихся к разным сферам повседневной жизни и к различным отраслям науки и техники, может вспомнить и привести практически каждый.

**Аналогия** (от древнегреческого *ἀναλογία* – пропорция, соответствие, соразмерность) – это сходство предметов, явлений, процессов, величин и т.п. в каких-либо свойствах. Применение аналогий часто позволяет облегчить понимание новых явлений и процессов, сравнивая их с уже изученными. Для того, чтобы использовать этот методический прием, сначала нужно удостовериться в том, что аналогия двух объектов (явлений, процессов), сравниваем-

мых по выбранным признакам, является достаточно полной. Если окажется, что это действительно так, то дальше появится возможность либо переобозначить физические величины, либо сопоставить и «заменить» используемые физические понятия. Применяя аналогии, важно помнить следующие важные аспекты.

1) Аналогия никогда не бывает полной (иначе это будет тождество).

2) Аналогия может дать большой выигрыш во времени при решении задачи (пример: «Одинаковые уравнения – одинаковые решения»).

3) Аналогия не является доказательством (поэтому получение ответа с использованием аналогии не всегда можно считать формально корректным решением).

4) Аналогия может быть источником ошибок (особенно, если она трактуется слишком широко).

5) Аналогия может быть установлена, в том числе, и между величинами с различной размерностью (например, можно установить аналогию между тремя уравнениями, описывающими явления переноса – теплопроводность, вязкость и диффузию – и тремя соответствующими коэффициентами переноса).

Приведем примеры аналогий:

- уравнение движения и уравнение моментов;
- формулы для периодов колебаний математического, пружинного, физического и крутильного маятников;
- молекула среды и броуновская частица;
- опыт Кулона и опыт Кавендиша;
- граничные условия для векторов электрического и магнитного полей;
- электростатический и гравитационный потенциал;
- эффект Доплера в акустике и в оптике.

Для каждой из этих аналогий (перечень которых, конечно, далеко не полон) можно указать, в чем состоит сходство сравниваемых объектов, а в чем – принципиальные различия.

**Подсказка** – это передача или получение информации, которую можно использовать для решения поставленной задачи. Подсказку можно рассматривать в качестве совета. Либо обучающийся в той или иной форме дает этот совет сам себе (при опосредованном участии преподавателя), либо этот совет дает обучающемуся преподаватель.

К первой группе подсказок (которые обучающийся дает сам себе) относятся:

- использование готовой модели системы или явления (заданной в условии задачи ее автором);
- буквенные обозначения физических величин в условиях задачи (помогает вспомнить нужные формулы);
- отсутствие в условии задачи «лишних данных» (за этим тоже следят авторы задач);

- анализ графика (построенного по указанию преподавателя или самостоятельно);
- изготовление чертежа или рисунка (опять же, по указанию преподавателя или по собственной инициативе);
- ознакомление с ответом к задаче (анализ ответа иногда может привести на правильный ход решения).

Ко второй группе подсказок (которые обучающемуся дает преподаватель) относятся:

- использование опорных фраз (о них говорилось выше);
- постановка наводящего вопроса (сформулированного так, что ответ помогает нащупать верное направление поиска решения);
- формулировка определений и физических законов (которые соответствуют случаю);
- запись формул (в которых может таиться ключ к решению задачи);
- ироничные комментарии (они должны быть не злыми, не обидными, а раскрывающими сущность сделанных ошибок, настраивающими на позитивный лад и стимулирующими к более активным размышлениям);
- маскировка подвоха (вносит в учебный процесс элемент игры, позволяет заставить обучающихся глубже задуматься о сущности изучаемых вопросов, более детально вникнуть в них).

Подсказка, как методический прием, должна использоваться преподавателем дозированно. В этом случае обучающиеся будут продвигаться к цели постепенно и, возможно, достигнут ее самостоятельно. При этом велика вероятность, что на пути к правильному ответу обучающимися будут сделаны типичные ошибки, и появится повод их обсудить и исправить.

### **Рекомендованная литература.**

1. Николаев В.И., Бушина Т.А. Физика: учимся размышлять. – М.: Физический факультет МГУ, 2015. – 152 с.

## Глава 7.

### Из истории физического образования в России. Преподавание физики в Московском университете.

#### §1. Первые шаги в деле преподавания физики в России. Основание Московского Университета.

Физика как наука в нашей стране на серьезном уровне изучается и преподается сравнительно недавно (если смотреть в историческом масштабе). Так, в допетровские времена в России существовало всего два учебных заведения, которые могли в той или иной степени считаться «высшими».

Первое из них – это Киевская братская школа (основана в 1620 году как попытка сохранить православные традиции в образовании на фоне усиления униатской церкви и иезуитской системы образования), которая вскоре была преобразована в Киево-Могилянскую коллегию, а в 1701 году переименована в академию.

Второе учебное заведение – Славяно-греко-латинское училище в Москве (основано в 1687 году), которое затем также было переименовано в академию. При этом физика преподавалась только в московской академии, и то – как часть курса философии.

Первым важным шагом к выделению физики в отдельно изучаемую науку можно считать создание Петром I в Санкт-Петербурге физического кабинета при кунсткамере. В нем было собрано значительное количество физических приборов и инструментов иностранного производства. При кунсткамере имелась большая библиотека по многим разделам науки и техники.

Петр I, понимая важность развития науки для создания и укрепления промышленности страны, в 1724 году принимает решение об учреждении Академии Наук, при которой, согласно проекту ее Устава, создавалась университетская гимназия. Академия начала действовать уже после смерти Петра – в 1725 году. При этом из-за отсутствия в



*М.В. Ломоносов.*

*Прижизненное изображение, 1757 год  
(Э. Фессар и К.А. Вортман).*

стране собственных научных и педагогических кадров все должности в Академии занимали иностранцы. Гимназия испытывала трудности с комплектованием студентами. Поэтому Сенатом был издан указ о направлении в Академию Наук лучших студентов из московской и других духовных академий и семинарий.

Согласно этому указу, Московская славяно-греко-латинская академия должна была направить в Санкт-Петербург 20 студентов, но смогла найти только 12 человек, среди которых был и Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765). Он прибыл в Академию 1 января 1736 года. В это время Академия планировала начало больших работ по исследованию природных богатств Сибири. Для экспедиций не хватало специалистов в области химии и металлургии. Поэтому было принято решение о направлении на обучение в Германию трех наиболее способных студентов, среди которых, опять же, оказался Ломоносов.

За границей Ломоносов учился успешно, хотя и не без происшествий (в частности, он успел за годы, проведенные в Германии, без разрешения академического начальства и вразрез с канонами церкви жениться на лютеранке, а также немного послужить в прусской армии).

В Петербургскую Академию Наук М.В. Ломоносов вернулся в середине 1741 года и приступил к работе в должности адъюнкта физики. Ломоносов подготовил ряд научных работ по физике и по химии, эти работы высоко оценил известнейший ученый Леонард Эйлер.

В 1745 году Ломоносова произвели в профессорское звание. Преодолевая чрезвычайно сильное сопротивление других членов Академии, ему удалось добиться создания при Академии химической лаборатории. При этом он ощущал, что вести научную работу и готовить отечественные научные кадры в Санкт-Петербурге с каждым годом становится всё труднее из-за засилья иностранцев в руководстве Академии. Поэтому Ломоносов через графа И.И. Шувалова, который был меценатом, покровительствовал наукам и искусствам, являлся фаворитом императрицы Елизаветы Петровны, смог реализовать проект создания в Москве университета.



*И.И. Шувалов (1727 – 1797).*

Новый университет был учрежден 12 января 1755 года (по старому стилю). В нем было создано три факультета – философский, юридический и медицинский. На философском факультете было предусмотрено четыре профессорских должности, и одна из них – профессор философии и физики (хотя первоначально Ломоносов, понимая важность физики как науки, предлагал учредить отдельную должность профессора физики). Интересно, что, помимо философии и физики, этот профессор должен был преподавать также ораторию и поэзию, историю и древности, и еще вдобавок геральдику.

Есть некоторые косвенные сведения о том, что физика в Московском университете начала преподаваться с первых дней его существования. Однако первое явное упоминание о чтении лекций по физике относится к 1757 году – экспериментальную физику и механику читали иностранные профессора аббат Франкози и Иоганн Иоахим Юлий Рост (1726–1791). Объявление о чтении соответствующих публичных лекций было помещено в газете «Московские ведомости». Из объявления следует, что лекции читались ежедневно: в понедельник, вторник, четверг и пятницу излагались теоретические сведения (по 1 часу), а в среду и в субботу проводилась демонстрация опытов (по 4 часа).

Помимо вышеупомянутых профессоров к первым физикам Московского университета можно отнести преподавателя университетской гимназии Иоганна Филиппа Литке (был дедушкой известного русского мореплавателя XIX века Федора Петровича Литке) и профессора химии и минералогии Иоганна-Христиана Керштенса (1713–1802) – он взялся преподавать физику в 1758 году.

Первым русским профессором физики Московского университета был Даниил Васильевич Савич (преподавал физику до 1761 года). Интересно, что все перечисленные ученые по разным причинам преподавали физику очень недолго.

Главным же «специалистом», который учил студентов физике ровно 30 лет (в 1761–1791 гг.), являлся вышеупомянутый Иоганн Рост. Будучи языковедом, он читал в университете и в гимназии лекции по более чем десяти разным наукам – от английского языка до металлургии, географии и математики с физикой (причем обучение английскому языку он вел на латыни!).

При основании университета при философском факультете сразу же был создан физический кабинет, в котором должны были создаваться и храниться различные физические приборы. Сохранились сведения о ряде его сотрудников. В частности, механик Пьер Демулен, принятый на работу в 1761 году, вместо того, чтобы заниматься физическим оборудованием и участвовать в подготовке кадров, занимался в основном развлечением публики – показывал за деньги физические «фокусы». Физический кабинет при нем пришел в полный беспорядок, за что Демулен и был уволен со своей должности в 1765 году.

## **§2. Деятельность П.И. Страхова в 1791–1813 годах. Первый отечественный учебник физики.**

Выдающаяся роль в деле организации отечественного физического образования принадлежит Петру Ивановичу Страхову (1757–1813). Он родился 22 июня 1757 года в г. Москве. Окончил гимназию при Московском университете и стал студентом философского факультета, который закончил в 1778 году. После выпуска Страхов хотел поступить на гражданскую службу, однако неожиданно ему поступило предложение стать секретарем нового куратора университета М.М. Хераскова. Петр Иванович хорошо себя зарекомендовал, в том числе – в качестве переводчика с иностранных языков, и в 1785 году было принято решение направить его за границу для ознакомления с системой научных исследований и просвещения в ведущих западноевропейских университетах. Во время этой поездки он прослушал курс лекций по экспериментальной физике, которые читал французский профессор Г. Бриссон, сопровождая изложение показом большого числа опытов.

В сентябре 1786 г., примерно через год после отъезда, Страхов вернулся в Москву, намереваясь занять кафедру красноречия. Но его назначили инспектором университетских гимназий. Кафедру Страхов получил только в 1791 году, но к красноречию она отношения не имела. После смерти И. Роста было принято решение разделить кафедру математики и физики на две отдельные кафедры. И одну из них, кафедру опытной физики, и занял П.И. Страхов. Это назначение вызвало зависть у некоторых других профессоров. От Страхова потребовали для подтверждения своей квалификации написать диссертацию по физике. Диссертация была написана на русском языке, но ее потребовали переписать по-латыни. Это было исполнено, но к латинскому тексту сразу же начали придираться.

В итоге Страхов, не дожидаясь решения по своей диссертации, в 1791 году прочел свою пробную лекцию в качестве заведующего кафедрой. Это была первая лекция по физике, прочитанная на русском языке. Она прошла с большим успехом. После этого директор университета П.И. Фонвизин (младший брат литератора Д.И. Фонвизина) распорядился оборудовать для лекций по физике особую аудиторию.

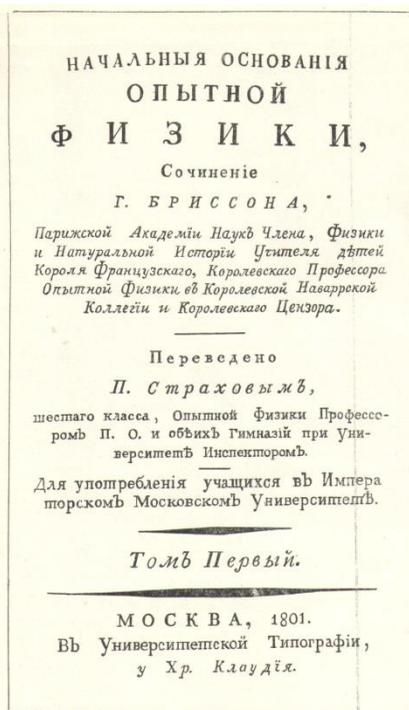
В то время каждый профессор должен был читать свои лекции по какому-либо руководству – либо хорошо известного автора, либо по своему собственному, но утвержденному Конференцией университета. В качестве такого руководства П.И. Страхов выбрал трехтомный курс физики Г. Бриссона (именно эти лекции сам Страхов слушал во время своей заграничной поездки). Это был один из лучших европейских учебников физики. П.И. Страхов перевел его на русский язык, что тоже было впервые – прежде все руководства для студентов были на иностранных языках. Переведенный учебник назывался «Начальные основания опытной физики».

Лекции Страхов читал дважды в неделю – по средам и субботам по 2 часа. Еще одна заслуга Страхова состоит в том, что он, в отличие от Роста и Демулена, начал сопровождать свои лекции демонстрациями важнейших опытов (ранее опыты показывались отдельно).

П.И. Страхов активно занимался педагогической, научной и административной работой. Он несколько раз избирался ректором Университета, был первым деканом физико-математического отделения (факультета). Отметим, что это отделение было создано в 1804 году в ходе проводившейся тогда реформы народного образования. В рамках этой реформы было создано пять новых университетов – Дерптский (Юрьевский, 1802), Виленский (1803), Казанский (1804), Харьковский (1810) и Санкт-Петербургский (1819).

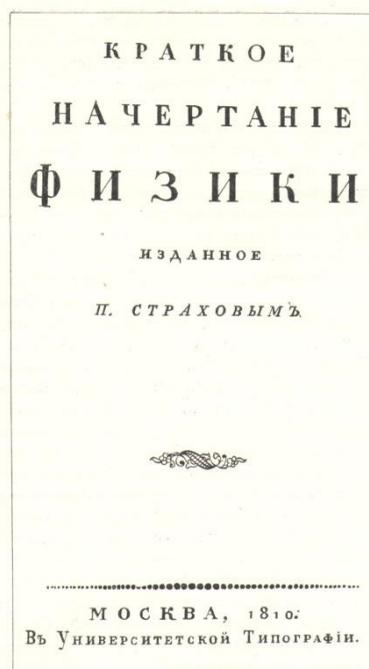
П.И. Страхов активно участвовал в разработке нового Устава Московского университета, создал физическую лабораторию, улучшил работу физического кабинета, принял меры к расширению учебных помещений и библиотек, привел в порядок университетскую типографию, сохранил университетскую гимназию. Участвовал в работе вновь созданного Московского общества испытателей природы, был членом многих научных обществ. В течение многих лет читал курсы физики для студентов и публичные лекции для всех желающих, что создало ему широкую известность. Впервые организовал в Московском университете метеорологические наблюдения – в течение четырех лет он сделал около 4 тысяч наблюдений (они производились ежедневно по 3 раза в день!).

В 1812 году П.И. Страхов, как декан, занимался эвакуацией имущества Московского университета. 1 сентября 1812 года он уехал из Москвы в Нижний Новгород вслед за эвакуируемым университетом. По дороге он заболел, долго, но безуспешно лечился, и 12 февраля 1813 года умер. Через год после смерти Страхова в Московском университете состоялось специальное заседание Совета университета, посвященное памяти Петра Ивановича. Речь о жизни и научной деятельности бывшего ректора и декана говорил его преемник по кафедре – профессор И.А. Двигубский.



П.И. Страхов вошел в историю российского физического образования и как автор первого отечественного учебника физики, написанного российским автором на русском языке. Над своим учебником по экспериментальной физике Страхов работал в 1803–1808 гг. Этот учебник он назвал «Краткое начертание физики». В течение длительного времени этот учебник являлся основным для всех студентов страны.

Непосредственно перед войной 1812 года П.И. Страхов подготовил и даже начал печатать в университетской типографии еще один свой учебник физики – в трех частях. Однако весь тираж и оригинал рукописи погибли при московском пожаре.



### **§3. Деятельность И.А. Двигубского в 1813–1826 годах. Восстановление преподавания физики в Московском университете после войны 1812 года.**

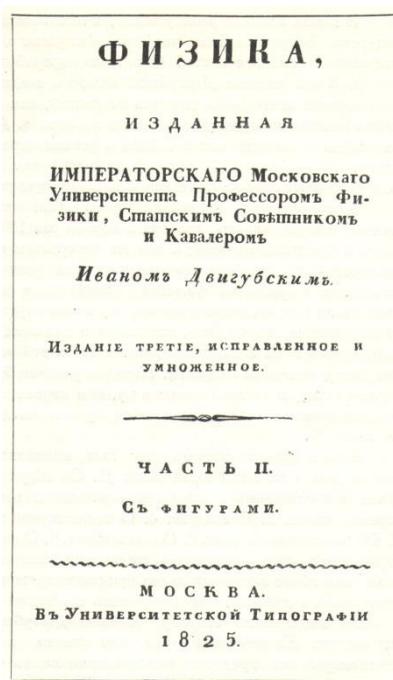
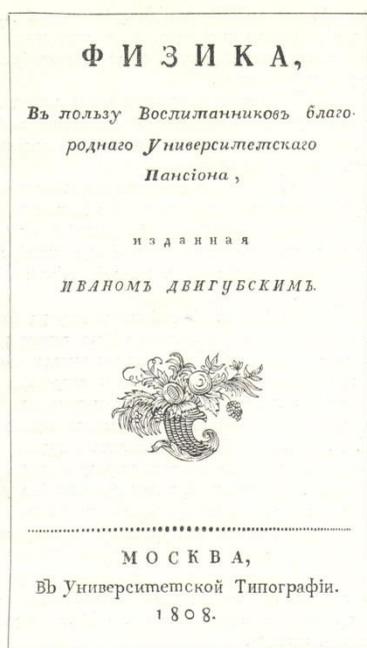
Следующая выдающаяся личность, о которой необходимо рассказать – это Иван Алексеевич Двигубский (1771–1839). Он родился 24 февраля 1771 года в Курской губернии. Получив начальное домашнее образование, Двигубский определился в Харьковский иезуитский коллегиум, после окончания которого остался там преподавать риторику. В 1793 году он оставил коллегиум и приехал в Москву, поступив в подготовительный класс при медицинском факультете Московского университета, и вскоре стал студентом. Во время обучения он в течение трех лет изучал физику под руководством П.И. Страхова.



*И.А. Двигубский.*

Окончив в 1796 году университет и став врачом, Двигубский начал заведовать в университете кабинетом естественной истории. В 1802 году, после защиты докторской диссертации, И.А. Двигубский отправился за границу. Во время этой поездки, продолжавшейся до 1805 года, он опубликовал ряд научных трудов и был избран членом ряда иностранных научных обществ.

При этом, наряду с публикациями на иностранных языках, Двигубский стремился публиковать свои (и не только) труды и на русском языке. В частности, им был переведен с французского языка элементарный учебник физики профессора Жакото – издан на русском языке в 1808 году под названием «Физика, в пользу воспитанников благородного университетского Пансиона». Эта книга в течение многих лет была основным учебным пособием по физике для гимназий нашей страны. Двигубский, благодаря ей, стал известен как педагог-физик.



Поэтому в 1813 году И.А. Двигубский, по случаю преждевременной смерти профессора П.И. Страхова, был назначен ординарным профессором кафедры физики, которой впоследствии начинает заведовать, и занимает должность заведующего до 1827 года. Начиная с этого времени, Иван Алексеевич сосредоточивает свое основное внимание на преподавании физики.

В 1814 году он печатает второе издание своего учебника, перерабатывая и приспособляя его для обучения студентов университета. В 1824-1825 гг.

выходит третье издание этого учебника, уже в двух томах, и еще более измененное. Так переводное издание постепенно трансформируется в оригинальный авторский курс физики для студентов университетов. По этому учебнику Двигубский читал лекции трижды в неделю («...по вторникам, четверткам и субботам, в 12 часу утра...»).

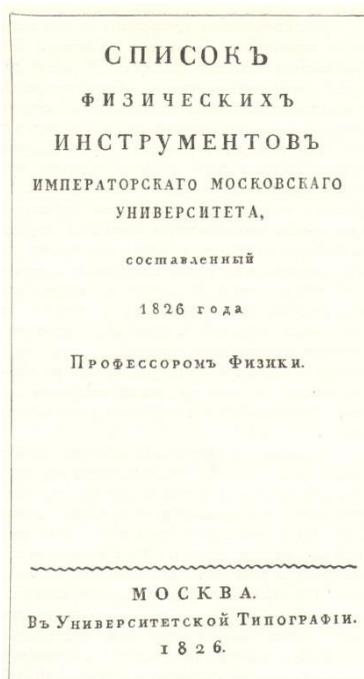
Примерно в тот же период (1820–1830 гг.) при деятельном участии Двигубского выходит журнал «Новый магазин естественной истории, физики, химии и сведений экономических», в котором публиковались сообщения о всех новых достижениях в области естественных наук как на Западе, так и в России.

В период с 1813 г. по 1826 г. (то есть в течение всего времени руководства кафедрой физики) И.А. Двигубский уделял чрезвычайно большое внимание восстановлению и расширению физической лаборатории и физического кабинета университета. Он прилагал много усилий для восстановления приборной базы, сильно пострадавшей во время войны 1812 года, возобновил метеорологические наблюдения (вел их с 1820 г. по 1830 г.). Фактически физический кабинет, руководимый Двигубским, может считаться первой геофизической лабораторией Московского университета.

В 1820 году Двигубским был значительно пополнен приборный парк физического кабинета, и в 1821 году впервые в Московском университете был напечатан «Список физических инструментов Императорского Московского университета, составленный в 1821 году профессором физики». Этот список занимал 20 страниц, в нем было перечислено 220 наименований приборов и инструментов. Пополнение парка приборов продолжалось и в дальнейшем; в 1826 году в дополненном списке, который также составил Двигубский, числилось уже 395 физических приборов.

В том же 1826 году И.А. Двигубским и Ф.И. Чумаковым был составлен первый официальный Конспект читаемого в Московском университете курса физики (т.е. утвержденная программа курса). Он использовался до 1832 года.

В начале 1830-х годов И.А. Двигубского вынуждают выйти на пенсию по выслуге лет. Он продолжает заниматься научной работой в области био-



логии, печатает переводы. Умер Иван Алексеевич 30 декабря 1839 года в Кашире под Москвой.

#### **§4. Преподавание физики в Московском университете в период 1827-1859 гг. Педагогическая деятельность М.Г. Павлова, Д.М. Перевощикова и М.Ф. Спасского.**

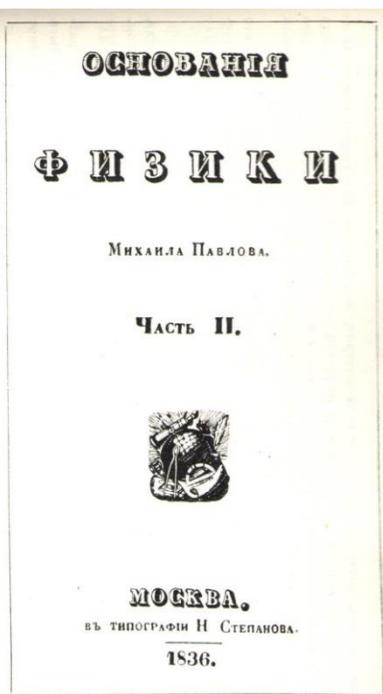
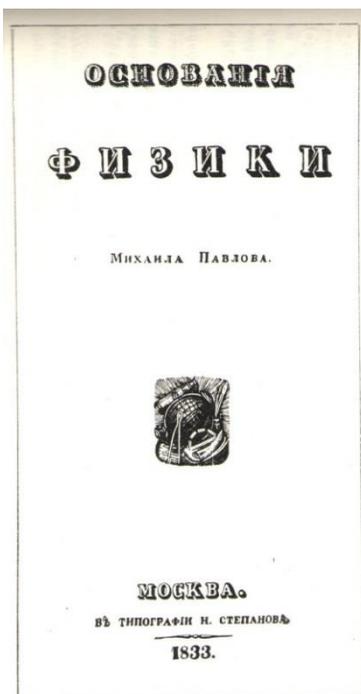
После отставки в 1827 году И.А. Двигубского с поста заведующего кафедрой физики на его место был назначен профессор Михаил Григорьевич Павлов (1793–1840), который до этого заведовал кафедрой минералогии и сельского хозяйства (он имел ученые степени кандидата по физико-математическому отделению и доктора медицины). Павлов руководил кафедрой физики и заведовал физическим кабинетом до 1836 года. Он был крупным агрономом и известным специалистом в области сельского хозяйства, но при этом живо интересовался вопросами преподавания физики и вкладом в физическую науку русских ученых, прежде всего – М.В. Ломоносова. Этот его интерес вылился в издание авторского учебника «Основания физики», по которому он читал свои лекции.



*М.Г. Павлов.*

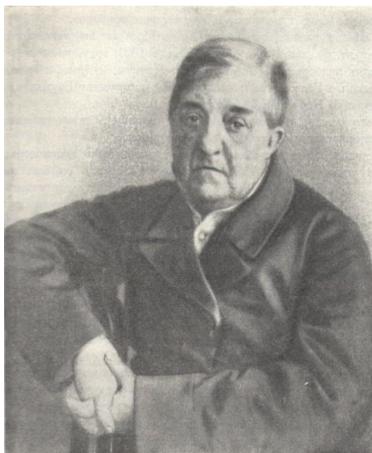
Этот учебник вышел в двух частях (первая в 1833 г., вторая – в 1836 г.). Лекции Павлова высоко оценивались многими современниками, однако и учебник, и сами воззрения Павлова как ученого-физика были заслуженно критикуемы таким известным и авторитетным ученым мирового уровня, как Г.Х. Ленц. Научной работе в области физики Павлов уделял существенно меньше внимания, чем его предшественники, в результате чего активность такой работы на кафедре заметно снизилась.

В 1836 году М.Г. Павлов передал все свои посты (включая заведование кафедрой физики и физическим кабинетом) профессору И.С. Веселовскому (1795–1867). Он пробыл в этих должностях всего два года, и в 1838 году прекратил преподавание, после чего вскоре был уволен по болезни. Преподавание физики перешло к Д.М. Перевощикову, который в 1838 году начал читать курс экспериментальной физики, а затем передал его М.Ф. Спасскому, который стал новым заведующим кафедрой физики.



*Титульные листы первой и второй частей учебника М.Г. Павлова «Основания физики».*

Дмитрий Матвеевич Перевощиков (1790–1880) родился в Пензенской губернии. Обучался в Казанской губернской гимназии, окончил Казанский университет, после чего преподавал математику и физику в Симбирской гимназии. В 1818 году переехал в Москву и начал преподавать в Московском университете. В течение своей педагогической карьеры он преподавал различные курсы высшей математики, геодезию, разные разделы астрономии, внес большой вклад в развитие геофизики. В историю преподавания физики он вошел, кроме всего прочего, и как автор учебника «Руководство к опытной физике» (издан в 1833 г. под редакцией И.А. Двигубского).



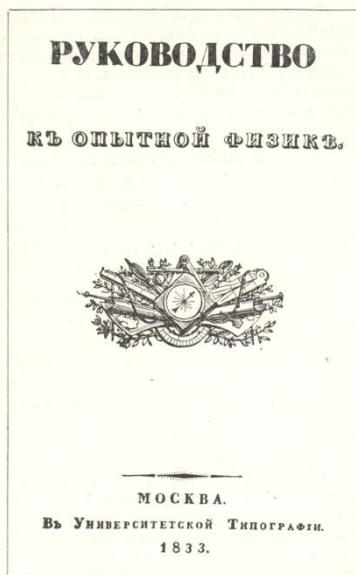
*Д.М. Перевощиков.*

Несмотря на название, эта книга фактически являлась первым оригинальным учебником теоретической физики, изданным на русском языке.

Следующим заведующим кафедрой физики стал, как уже говорилось выше, Михаил Федорович Спасский (1809–1859). Он родился в Орловской губернии, получил среднее образование в духовной семинарии, после чего был отправлен на учебу во вновь открываемый Главный педагогический институт Петербурга. После окончания института Спасский в числе лучших его выпускников был отправлен для продолжения образования за границу. После возвращения оттуда Михаил Федорович в 1839 году был назначен адъюнктом по кафедре физики и физической географии Московского университета. При этом он сразу же принял чтение курса физики (вообще, в 1838/39 учебном году этот курс начинал читать И.С. Веселовский, продолжал – Д.М. Перевозчиков, а затем в самом конце учебного года, судя по всему, курс перешел к М.Ф. Спасскому).

Лекции по физике для студентов Спасский продолжал читать в течение многих лет; также он в 1841–1842 гг. читал и публичные лекции, продолжая традицию, заложенную П.И. Страховым. Эти публичные лекции пользовались огромным успехом у публики. Курс публичных лекций стоил 50 рублей ассигнациями, был рассчитан на 35-40 лекций, читались они каждый вторник и четверг с 6 до 7 часов вечера. В ходе этих лекций Михаил Федорович вел большую просветительскую деятельность – в частности, он разоблачал спиритизм, который как раз был в моде у «просвещенной» публики, и впервые в России им был продемонстрирован опыт Фуко, непосредственно доказывающий вращение Земли. Этот опыт Спасский сначала поставил в физическом кабинете, а затем перенес под свод большой университетской лестницы, чтобы его можно было демонстрировать всем желающим.

Одной из больших заслуг Спасского как преподавателя и организатора является то, что он впервые в Московском университете создал специальные курсы физики для студентов старших курсов, которые желали изучать физику углубленно. Фактически под руководством Спасского в Московском университете создается отдельная специальность по экспериментальной и теоретической физике.



В историю науки Спасский вошел как выдающийся геофизик и основоположник отечественной научной школы климатологии – в частности, в 1847 году он издал научный труд «Климат Москвы».

## **§5. Деятельность Н.А. Любимова в 1859–1881 годах. Основание физического практикума и физической лаборатории.**

После смерти М.Ф. Спасского в 1859 году профессором кафедры физики и физической географии был избран Николай Алексеевич Любимов (1830–1897).

Н.А. Любимов родился в Москве, в 1847 году поступил в Московский университет и закончил его в 1851 году, получив степень кандидата физико-математических наук. В 1854 году Любимов начал работать на кафедре, он читал лекции по «математической физике» (то есть по теоретической физике). В 1859 году Любимов защитил магистерскую диссертацию, и в том же году начал читать курс лекций по экспериментальной физике и заведовать физическим кабинетом. В 1865 году им была защищена докторская диссертация.

После этого Н.А. Любимов сосредоточился на педагогической и организационной деятельности, а также на подготовке своего труда по истории физики, который к 1896 году был издан в трех томах.

Н.А. Любимов чрезвычайно много сделал для улучшения и поддержания на высоком уровне дела преподавания физики в Московском университете. Помимо чтения лекционного курса для студентов, Любимов смог добиться в 1860 году разрешения на возобновление чтения публичных лекций (были запрещены в 1848 году – как реакция правительства на французскую революцию). За 15 лет им было прочитано почти 100 лекций на самые разные темы, слушать их собиралось до 400 человек.

Также очень большое внимание Любимов уделял физическому кабинету. При поддержке М.Ф. Спасского он добился выделения крупных ассигнований на приобретение физических приборов и инструментов. Любимовым был приглашен на должность университетского механика часовщика-



*Н.А. Любимов.*

любителя Т.Ф. Симонова, которому впоследствии поручил заведовать университетской мастерской и обучать работавших там учеников.

Важным шагом, оказавшим серьезное влияние как на педагогический процесс, так и на научную деятельность кафедры, стало создание при университете физического практикума. Это потребовало дополнительных помещений, и в 1872 году физическая лаборатория была выделена из физического кабинета и переведена в отдельное здание – ректорский корпус («домик»). В этой лаборатории должны были сосредоточиться все научные исследовательские работы и практикум. Начиная с этого момента, физический кабинет начал обслуживать только лекции по физике, заведовать этим кабинетом продолжал Н.А. Любимов. Он лично принимал участие в улучшении демонстрационного дела, придумывал лекционные демонстрации (некоторые из них названы его именем). Официально заведовать физической лабораторией с 1874 года стал А.Г. Столетов.

Физическая лаборатория и физический кабинет существовали отдельно друг от друга до 1882 года. В этом году Любимов ушел из университета, и руководство кабинетом перешло к А.Г. Столетову.

## **§6. Деятельность А.Г. Столетова в 1882–1896 годах. Расширение физического кабинета и физической лаборатории, планы создания физического института.**

Александр Григорьевич Столетов (1839–1896) родился в г. Владимире. Окончив гимназию, поступил в 1856 году в Московский университет, и после его окончания в 1860 г. по рекомендации Н.А. Любимова был оставлен на кафедре физики для подготовки к профессорскому званию. Провел четыре года за границей, работая в лабораториях выдающихся физиков своего времени, после чего вернулся в Москву.

Вся дальнейшая научно-педагогическая деятельность Столетова протекала на физико-математическом факультете университета. С 1866 г. по 1882 г. он читал курс математической (теоретической) физики. После ухода из университета Н.А. Любимова начал читать курс экспериментальной физики, и



*А.Г. Столетов.*

блестяще делал это до конца своей жизни. Лекции сопровождалось показом большого числа эффектных демонстраций, которые осуществлял талантливый самоучка Иван Филиппович Усагин (о нем говорилось выше). Поскольку Сто-

летов был деятельно работающим ученым высокого класса, его лекции всегда читались на уровне современного состояния физики.

Чрезвычайно большое внимание А.Г. Столетов уделял подготовке физиков-экспериментаторов. Как уже говорилось, в 1872 году Любимов и Столетов создали физическую лабораторию, которой Столетов стал заведовать в 1874 году. Число студентов, которые вели научную работу, быстро росло, и выделенные для лаборатории помещения вскоре перестали удовлетворять Столетова. Поэтому в 1883 году им было возбуждено ходатайство о создании при университете отдельного физического института. В нем Столетов писал о необходимости учреждения такого института по примеру ведущих европейских университетов. Параллельно Столетов не устал ходатайствовать об улучшении физического кабинета. В 1884–1885 гг. была сделана перестройка физической аудитории, расширено помещение физического кабинета, установлены машины для генерации электрического света, большой лекционный стол, большой экран, новые шкафы для приборов.

После завершения этих работ, в начале 1886 года, А.Г. Столетов и его ученик и коллега профессор А.П. Соколов начинают ходатайствовать и о расширении физической лаборатории. При этом они вновь просят возвести отдельное здание для физического института – с лабораторией, физическим кабинетом и лекционной аудиторией для преподавания физики. В ответ на это ходатайство правление университета приняло постановление, в котором указывалось, что *«Правление не имеет ничего против устройства нового физического института, хотя средств в университете для этого нет...»*.

Несмотря на фактически полученный отказ, Столетов и Соколов в середине 1886 года подают повторное ходатайство о физическом институте, и просят до момента постройки отдельного здания для него выделить дополнительные помещения для физической лаборатории. После неоднократных дополнительных просьб, выступлений в Совете университета и в печати, Столетову удалось в 1887–1888 гг. добиться расширения физической лаборатории в два раза, провести в нее водопровод, газ и телефонную связь, улучшить электропитание, специально оборудовать физический кабинет и лекционную аудиторию для подготовки и показа физических демонстраций.

Усилия А.Г. Столетова по созданию физического института Московского университета увенчались успехом, хотя плодов своих стараний Столетов не



А.П. Соколов.

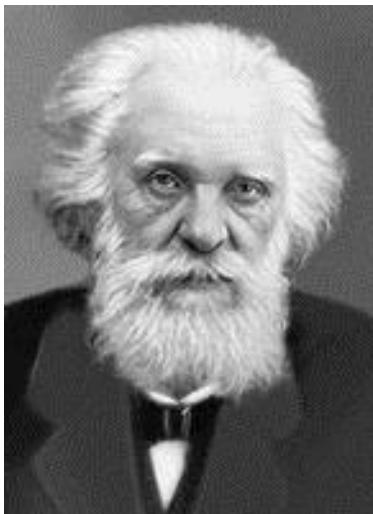
увидел – новое здание института было построено уже после его смерти, в 1898–1903 гг. Деятельное участие в организации нового института принимали ученики Столетова – Н.А. Умов, П.Н. Лебедев и А.П. Соколов. О последнем из них скажем несколько слов.

Алексей Петрович Соколов (1854–1928) родился в Калуге. После окончания гимназии поступил в Московский университет, и уже со второго курса начал работать в физической лаборатории у А.Г. Столетова. В 1877 году окончил университет, был оставлен на кафедре физики, и через некоторое время отправился на практику за границу, в Берлинский университет. После возвращения отсюда и защиты магистерской диссертации начал преподавать теоретическую физику в Варшавском университете. При этом он продолжал научное сотрудничество с физической лабораторией Московского университета. В результате через несколько лет после защиты докторской диссертации А.П. Соколов был утвержден в профессорской должности в Московском университете. Вскоре после этого преподавание курса опытной физики было разделено на два двухгодичных курса. Один из них начал читать Соколов, и делал это до конца жизни (второй курс читал Столетов).

## **§7. Деятельность Н.А. Умова, П.Н. Лебедева и И.Ф. Усагина в 1897-1917 годах. Начало работы физического института.**

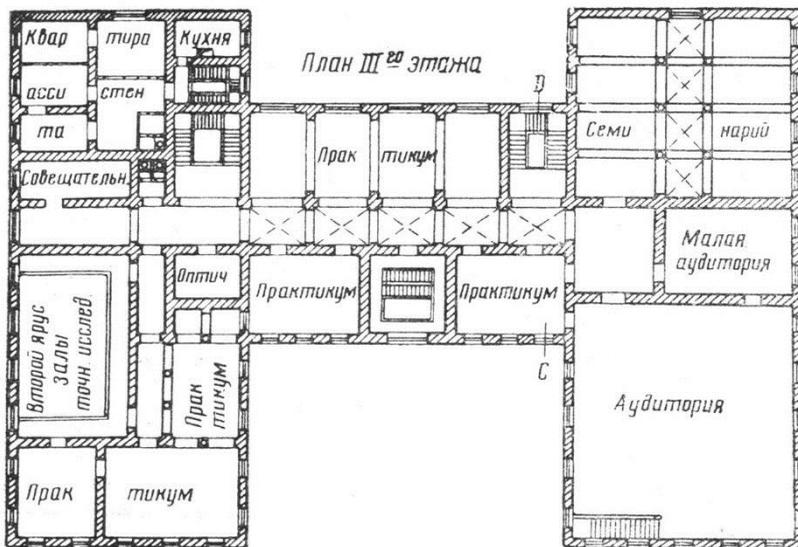
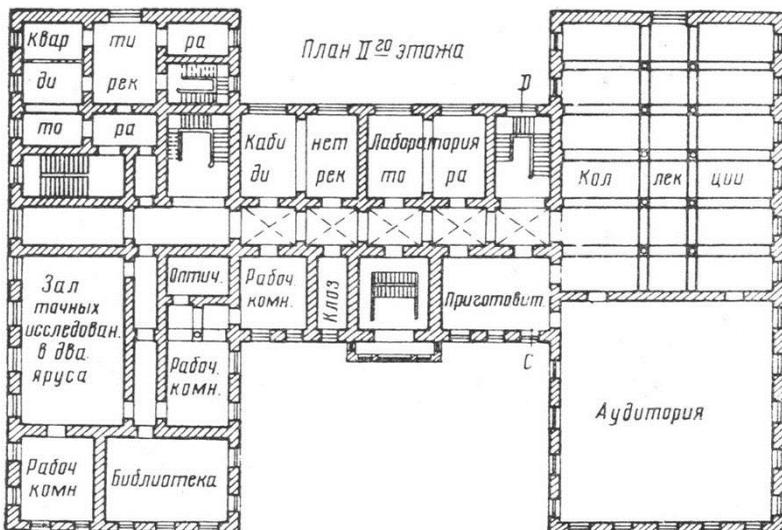
История развития физики и ее преподавания в Московском университете в конце XIX – начале XX веков тесно связана с именами Николая Алексеевича Умова (1846 – 1915), Петра Николаевича Лебедева (1866 – 1912) и Ивана Филипповича Усагина (1855 – 1919).

Н.А. Умов родился в г. Симбирске. После окончания гимназии был в 1863 г. принят в Московский университет, в 1867 г. окончил его и был оставлен при кафедре физики. В 1871–1893 гг. преподавал в Императорском Новороссийском университете в Одессе, затем перешел в Московский университет, получив профессорскую должность, которую до этого занимал А.Г. Столетов.



*Н.А. Умов.*

После смерти Столетова в 1896 году Умов стал заведовать кафедрой экспериментальной физики.



План двух верхних этажей  
физического института Московского университета.

Н.А. Умов принял самое активное участие в строительстве нового физического института. Вместе с А.П. Соколовым и П.Н. Лебедевым он в 1896-1897 гг. был командирован за границу для ознакомления с европейскими физическими институтами. После возвращения ими был составлен окончательный проект нового физического института в Москве. Этот проект в итоге и был реализован на практике.

Институт был рассчитан на 900 человек студентов, которые должны были посещать лекции и выполнять работы физического практикума. Помимо этого молодые ученые и профессора могли вести в институте научные исследования, для чего были выделены специальные помещения. Здание института имело четыре этажа (включая подвальный). Помещения, где находились лекционная аудитория, физический кабинет и комнаты для учебных занятий студентов были отделены от научных лабораторий и жилых квартир сотрудников института.

Большая физическая аудитория вмещала 360 человек и имела высоту в два этажа, малая физическая аудитория вмещала 60 человек. Имелись аудитории для проведения семинарских занятий, хранилище коллекции приборов, лаборантские комнаты. В этом здании физический институт, а затем и физический факультет, находились ровно 50 лет, до 1953 года – до момента переезда Университета в новый комплекс зданий на Ленинских горах.

Чтение лекций по физике в новой большой физической аудитории началось в октябре 1903 года. Уже в 1904/1905 учебном году аудитория была почти всё время занята, а персонал физического кабинета был сильно перегружен. Лекции было поручено читать профессорам Н.А. Умову, А.П. Соколову и приват-доценту А.В. Цингеру. Лекции также собирался читать и П.Н. Лебедев, который к этому моменту официально занимал должность заведующего кафедрой экспериментальной физики. Однако Н.А. Умов считал, что выделить большую аудиторию для чтения лекций П.Н. Лебедеву невозможно, поскольку во все дни с понедельника по субботу аудитория и персонал были непрерывно заняты с 9 часов утра до 6 часов вечера. После достаточно длительного разбирательства этого вопроса в Совете факультета было решено, что П.Н. Лебедев, как профессор, будет читать лекционный курс вместо доцента А.В. Цингера.

Петр Николаевич Лебедев (1866–1912) родился в Москве, окончил частную школу и частное реальное училище. После этого поступил в Императорское московское



*П.Н. Лебедев.*

техническое училище (ныне – МГТУ им. Н.Э Баумана). Не окончив курс обучения, отправился в Германию, где написал диссертацию и сдал экзамен на первую ученую степень. Вернувшись в Россию, получил в 1892 году место ассистента в физической лаборатории А.Г. Столетова. В 1900 году защищает магистерскую диссертацию, за которую ему сразу, в порядке исключения, присуждают степень доктора физики. Вскоре после этого Лебедев становится профессором Московского университета, успешно читает лекции студентам.

П.Н. Лебедев был блестящим ученым-экспериментатором. Наибольшую известность ему принесли его знаменитые эксперименты по обнаружению светового давления на твердые тела (1899 г.) и на газы (1907 г.), которые были выполнены в стенах физического института Московского университета.

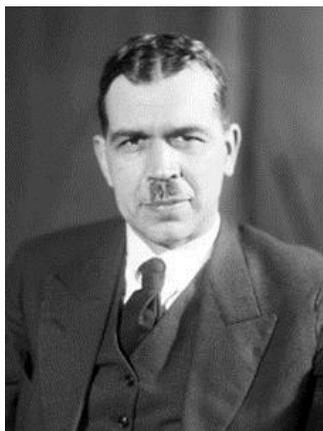
После переезда в новое здание физического института все заботы по внутреннему оборудованию физической аудитории, физического кабинета, лабораторий и хранилища приборов легли на плечи И.Ф. Усагина и его помощников. Они занимались приобретением новых приборов, размещением оборудования в шкафах, ремонтом и наладкой, изготовлением различных мелких принадлежностей в собственной мастерской. При этом И.Ф. Усагин продолжал демонстрировать опыты на всех основных лекциях и помогать Н.А. Умову и П.Н. Лебедеву в проведении научных исследований.

В 1911 году Н.А. Умов и П.Н. Лебедев покинули Московский университет в знак протеста против политики тогдашнего министра народного просвещения. В течение года после этого физическая лаборатория не работала, практиicum же под руководством А.П. Соколова продолжал действовать. В итоге Соколову передали и руководство физической лабораторией.

В 1915-1917 гг., во время Первой мировой войны, преподаватели, сотрудники и студенты Московского университета в меру своих возможностей работали для нужд фронта. Некоторое физическое оборудование было передано военным учреждениям и оборонным заводам. И.Ф. Усагин занимался ремонтом рентгеновских трубок для рентгенкабинета военного госпиталя, работал над выполнением ряда специальных военных заказов секретного характера, под его руководством студенты изготавливали катушки для телеграфных аппаратов.

В 1917 году грянула революция. В связи со сменой общественного строя радикально изменилась и жизнь Императорского Московского университета. Сначала он был переименован в Московский университет, затем – в Московский государственный университет, с 1918 года – в 1-й Московский университет (или «1-й МГУ»). Факультетская система была практически упразднена. В 1922 году при Московском университете был открыт Институт физики кристаллографии (с 1928 года – Научно-исследовательский институт физики, сокращенно – НИИФ). Все физические кафедры университета замещались ведущими сотрудниками этого института, фактически ими же велась основная учебная деятельность. Однако в октябре 1930 года было принято решение создать физико-механический факультет, из которого в 1931 году было выделено физическое отделение. Физический факультет как самостоятельная еди-

ница был образован лишь в 1933 году. Преподавание курса, который до революции назывался «курсом экспериментальной физики», было поручено кафедре общей физики, которая продолжает традиции классического преподавания физики в Московском университете.



*С.И. Вавилов (1891–1951).*



*Г.С. Ландсберг (1890–1957).*



*С.Э. Хайкин (1901–1968).*



*С.Г. Калашников (1906–1984).*

Кафедрой общей физики физического факультета МГУ с 1930 года последовательно заведовали следующие известные ученые и выдающиеся педагоги:



*В.И. Иверонова (1908–1983).*



*А.Н. Матвеев (1922–1994).*



*В.А. Алешкевич.*



*А.М. Салецкий.*

Сергей Иванович Вавилов (в 1929 – 1932), Григорий Самуилович Ландсберг (в 1933 – 1937), Семен Эммануилович Хайкин (в 1938 – 1946), Сергей Григорьевич Калашников (в 1948 – 1951), Валентина Ивановна Иверонова (в 1951 – 1969), Алексей Николаевич Матвеев (в 1969 – 1991), Виктор Александрович Алешкевич (в 1991 – 2002). В настоящее время кафедрой заведует Александр Михайлович Салецкий.

#### **Рекомендованная литература.**

1. Кононков А.Ф. История физики в Московском университете с его основания до 60-х годов XIX столетия. – М.: Изд-во Московского университета, 1955. – 300 с.
2. Иван Филиппович Усагин. / Под ред. А.С. Предводителяева. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 300 с.