

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Самарский государственный аэрокосмический университет имени
академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛЕКЦИОННЫМ, ПРАКТИЧЕСКИМ
ЗАНЯТИЯМ, ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ**

Самара, 2012 г.

УДК 53 (075)

ББК 22.3я7

С 17

Рецензент:

Самостоятельная работа студентов по физике : методические указания для студентов СГАУ / сост. В.А.Гусев, Г.А.Потапова. – Самара: СГАУ, 2012. – 38 с.

Представлены методические рекомендации студентам, изучающим физику.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Методические рекомендации к лекционным занятиям	4
2. Методические рекомендации к практическим занятиям	11
3. Методические рекомендации к лабораторному практикуму.....	17
4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.....	28

Введение

Методы обучения физике в университете значительно отличаются от школьных методов. Студент-первокурсник, вчерашний выпускник школы, с первых дней получает большое количество информации и заданий на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Не имея необходимых навыков, он испытывает большие сложности в систематизации полученных знаний и ему нужна помощь в организации самостоятельной работы.

Предлагаемый сборник методических указаний поможет преподавателям и студентам при разработке и изучении курса общей физики. Он состоит из четырех разделов, знакомство с которыми поможет студентам приобрести необходимые знания, умения и навыки.

1. Умение слушать лекции и правильно их конспектировать; систематически, добросовестно и осознанно работать над конспектами с привлечением дополнительных источников, избегая зубрежки.
2. Умение решать задачи, которые расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников. Студенты учатся глубже понимать физические законы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умения применять общие закономерности к конкретным случаям.
3. Приобретать навыки по изучению элементов техники измерения физических величин и расчета их погрешностей. Знакомится с современными приборами, приобретает умения видеть физическую задачу в технической проблеме при выполнении физического практикума.
4. Приобретать знание и умение по наиболее эффективной организации самостоятельной работы.

1. Методические рекомендации к лекционным занятиям

Лекция (лат. *lectio* — чтение) — устное систематическое и последовательное изложение материала по какой-либо проблеме, методу, теме вопроса и т. д.

Дидактические цели лекции

- дать обучающимся современные, целостные, взаимосвязанные знания, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- обеспечить в процессе лекции творческую работу студентов совместно с преподавателем;
- воспитывать у студентов профессионально-деловые качества, любовь к предмету, и развивать у них самостоятельное творческое мышление.

Требования к лекциям

Каждая лекция в ВУЗ-е должна:

- иметь четкую структуру и логику раскрытия последовательно излагаемых вопросов (понятийная линия лекции);
- иметь твердый теоретический и методический стержень, важную проблему;
- иметь законченный характер освещения определенной темы (проблемы), тесную связь с предыдущим материалом;
- быть доказательной и аргументированной, содержать достаточное количество ярких и убедительных примеров, фактов, обоснований, иметь четко выраженную связь с практикой;
- быть проблемной, раскрывать противоречия и указывать пути их решения, ставить перед обучающимися вопросы для размышления;
- обладать силой логической аргументации и вызывать у студентов необходимый интерес, давать направление для самостоятельной работы;

- находиться на современном уровне развития науки и техники, содержать прогноз их развития на ближайшие годы;
- отражать методическую обработку материала (выделение главных мыслей и положений, подчеркивание выводов, повторение их в различных формулировках);
- быть наглядной, сочетаться по возможности с демонстрацией аудиовизуальных материалов, макетов, моделей и образцов;
- излагаться четким и ясным языком, содержать разъяснение всех вновь вводимых терминов и понятий;
- быть доступной для восприятия данной аудиторией.

Лекции могут быть **вводными, обзорными, тематическими** (лекции по изучению нового материала), **итоговыми**.

Вводные лекции готовят студента к восприятию данной дисциплины (физики) или раздела. Они должны вызывать интерес к предмету, давать о нем целостное представление. На вводной лекции излагаются цели, задачи курса, его актуальность, практическая значимость, методы научного исследования и т.д.

Тематические лекции посвящены глубоко осмысленному и методически подготовленному систематическому изложению содержания курса.

Основные идеи и выводы по курсу физики, выводы о достижении поставленных учебных целей содержит заключительная, **итоговая лекция**.

На **обзорных лекциях** рассматриваются наиболее сложные, проблемные вопросы курса. Здесь могут разбираться типичные ошибки студентов, излагаться вопросы в определенной логической связи, новейшие достижения физики в данной области.

После прослушивания лекции студент должен проработать и осмыслить полученный материал. В этом, казалось бы, и заключается его

самостоятельная работа. Однако подготовка к самостоятельной работе над лекцией должна начинаться на самой лекции. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания.

Существует избирательность внимания. Стремление внимательно слушать все нереально. Внимательное слушание требует умственного напряжения, волевых усилий. Необходимо исключить причины, которые мешали бы установлению контакта с лектором: отвлечься от посторонних забот, отбросить поспешные выводы о том, что лекция не принесет ничего нового и ценного и не заслуживает внимания и т.п.

В процессе лекционного занятия студент должен выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов. Недостаточно только слушать лекцию. Возможности памяти человека не универсальны. Как бы внимательно студент не слушал лекцию, большая часть информации вскоре после восприятия будет забыта.

Процесс забывания обычно происходит по экспоненциальной зависимости $X = X(0)exp(-\gamma t)$, где $X(0)$ и X – начальный и конечный объемы информации, γ – постоянная забывания, t – время. Постоянная забывания зависит от внешних факторов, физиологических особенностей человека, числа повторений информации. Чтобы восстановить лекционный материал, его нужно повторить. Повторение и воспроизведение осуществляется при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, контрольным, коллоквиумам. Как показывает опыт, при каждом последующем повторении для восстановления материала требуется всё меньше умственных усилий.

Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектировать надо только самое важное в рассматриваемом параграфе: формулировки определений и законов, выводы основных уравнений и формул, то, что старается выделить лектор, на чем акцентирует внимание студентов. Следует подробно записывать основную информацию и кратко – дополнительную, научиться в процессе лекции разбивать текст на смысловые части и заменять их содержание короткими фразами и формулировками. Не нужно просить лектора несколько раз повторять одну и ту же фразу для того, чтобы успеть записать. По возможности записи надо вести своими словами, своими формулировками. Лекция не должна превращаться в диктант. Студент в этом случае не учится мыслить и анализировать услышанное. Лекция для него превращается в механический процесс.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Конечно, оформление лекционной тетради – это дело вкуса.

Но целесообразно отделить поля, где студент мог бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи и рисунки, схемы и графики, цитаты и биографии выдающихся ученых и т.д.

Таким образом, на лекции студент должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для

понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. Конечно, это не просто. В этом случае помогает система сокращений и условных обозначений. Следует сокращать длинные слова, разработать определенные значки, заменяющие слова, наиболее часто применяемые лектором и использовать стенографические знаки для сокращения слов или целых фраз, широко применяйте аббревиатуру (СТО – специальная теория относительности, ИСО – инерциальная система отсчета, МТ – материальная точка, АТТ – абсолютно твердое тело и т.д.). Но следует предостеречь от чрезмерного употребления сокращений. Это может привести к тому, что текст лекции окажется трудно читаемым и вызовет нежелание работы с ним.

Самостоятельная работа студента над лекцией

Прослушанный материал лекции студент должен проработать. Насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать.

Опыт показывает, что только многоразовая, планомерная и целенаправленная обработка лекционного материала обеспечивает его надежное закрепление в долговременной памяти человека. Предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра. Повторение нужно разнообразить. При первом повторении изучаются все параграфы и абзацы, при втором, возможно, будет достаточно рассмотреть только отдельные параграфы, а в дальнейшем лишь тему лекции.

Многое определяется памятью человека. Исследованы три её типа: зрительная, слуховая и двигательная. Люди со зрительной памятью хорошо усваивают зрительные образы, иллюстрации, точно помнят расположение текста, оформление записи. Студент, обладающий слуховой памятью, перечитывает записи вслух, стремится пересказать текст. Люди с

двигательной памятью работают над изучаемым материалом с карандашом в руках, рисуя схемы, делая выписки и наброски. Независимо от того, какой тип памяти преобладает, желательно использовать все типы памяти.

При изучении теоретической части курса физики рекомендуется обучающимся составлять подробный конспект лекций. Особенно полезной эта работа оказывается в том случае, когда студенты знакомятся с теми вопросами, которые им еще необходимо как следует осмыслить. Осмысление и происходит во время описания материала своими словами, разъяснения его в первую очередь для себя. Естественно, что это конспектирование совершенно не то, что запись со слов лектора. Конспект ведется на основе записей лекций, книг (вообще говоря, разных), консультаций преподавателей, бесед с товарищами и, конечно, в результате размышлений. Главная роль конспекта заключается в том, что он помогает пониманию изучаемого предмета. Как убедиться в том, что данная тема понята? Прежде всего — попытаться рассказать ее содержание своими словами. Нужно вспоминать не буквальные фразы, написанные в книге, конспекте или сказанные преподавателем, а смысл изучаемых положений. Если смысл понят, то слова для его выражения найдутся.

При ведении конспекта следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

Правило 1. Конспект нужно записывать своими словами, следовательно, лишь после того, как излагаемый в нём материал будет ясен (механическое переписывание из одной тетради в другую или из книги в тетрадь, разумеется, не имеет никакого смысла).

Правило 2. Основой для составления конспекта могут служить учебники (лучше, чтобы книг было несколько) и конспект лекций. Хорошо, если это собственный конспект, так как свои записи и технически легче

разбирать - собственные почерк, сокращения, обозначения и т. д., но главное, логика изложения и понимания.

Правило 3. При составлении конспекта следует придерживаться плана, который должен иметься заранее, по крайней мере, для описываемой завершённой части курса. Иногда детальный план курса сообщается студентам заранее; если этого нет, то можно составить такой план, на основании конспекта лекций или учебника.

Правило 4. При описании отдельного вопроса не обязательно точно придерживаться того порядка изложения, который был в вашем основном источнике (книге или конспекте лекций). Предположим, что в источнике формулируется теорема и следом приводится детальный ход ее доказательства. Осмыслив это доказательство, можно сформулировать его идею. Эту идею и надо описать сначала; тогда ход доказательства будет восприниматься как реализация идеи. При повторении материала (например, перед экзаменом) достаточно вспомнить идею, что и проще и, чаще всего, полезнее, чем помнить наизусть детали математических преобразований.

Правило 5. Составляя конспект, надо стараться в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение по отношению к вопросам, помогающим осмыслению. После ответа на вопрос «О чем это?» (см. правило 3) естественно сказать о том, какими средствами можно воспользоваться для доказательства, оправдания сделанного утверждения, для решения поставленной проблемы.

Очень полезно продумать и описать ответ на вопрос: «Почему в этом утверждении указываются такие условия?», «Что будет, если то или иное условие нарушить?». Вообще не забывайте почаще задавать себе вопрос «Почему?» и записывать ответ на него. Это «Почему?» может относиться к частностям («Почему здесь выбран знак минуса?»), когда ответ находится с

помощью формального математического преобразования или анализа физической картины. Он может затрагивать и более общие, методологические стороны изучаемого материала. Например, если встречается разные доказательства одного и того же утверждения, то можно поставить вопрос: «Чем эти доказательства принципиально различаются?».

В заключении описываемого пункта полезно сказать о том, какое применение находит изучаемое положение, какие его частные случаи представляют особый интерес. Иногда в результате изучения данного материала могут возникнуть вопросы типа: «А что будет, если...?», «Нельзя ли сделать так...?», «Не может ли полученное соотношение оказаться верным и в такой-то ситуации?». На такие вопросы не всегда можно найти ответа в используемых вами источниках. Но и в этом случае надо записать в конспекте заинтересовавший вопрос. Возможно, что в последующих курсах вы найдете ответы на эти вопросы. Большинство ответов на возникающие вопросы окажутся тривиальными. Сами вопросы, скорее всего, возникают от пока еще слабой эрудиции, скудости знаний, неумения видеть глубоко. Однако, когда-нибудь будет задан вопрос, на который уже не будет тривиального ответа. Это не обязательно будет вопрос по физике или математике, но готовиться к такому вопросу удобнее всего на физико-математических предметах, ибо их изучение в большой степени развивает мышление.

Правило 6. Приводя доказательство, описание, рассуждение, по возможности, не следует оставлять что-либо непонятым, записанным формально. Воспользовавшись какой-либо формулой, вы должны не только указать, почему эта формула здесь применима, но и прокомментировать ее самую. Например, если формула не общеизвестна, то указать, откуда она получена (хотя бы в принципе), каковы условия ее применения, каков ее физический смысл (если она выражает некие физические соотношения),

сослаться на то место вашего конспекта или книги, где эта формула была выведена ранее и т. д.

Правило 7. Оформление конспекта. Конспект следует писать так, чтобы им было удобно пользоваться. Если в качестве базы для составления конспекта служит учебник, то регулярность записи конспекта может регламентироваться его главами или параграфами. Глава учебника обычно содержит достаточно полный материал, так что и конспект по ней можно составлять, хорошо осознавая вопрос. Если же изучен лишь один параграф, то познания вопроса в дальнейшем могут существенно расширяться. Поэтому к описанию данного параграфа следует ещё вернуться (и, может быть, не один раз), а в конспекте оставить для этого место. Когда базой для написания конспекта является конспект лекций, следует поступать аналогично: если вам удобнее вести конспект после каждой лекции, необходимо помнить, что в будущих лекциях материал, относящийся непосредственно к данной лекции, может быть расширен, уточнен, углублен, так что возвращаться к описываемому вами теперь вопросу придётся обязательно. Значит ли это, что не следует браться за написание конспекта, пока по данной теме не будет прочитано достаточно много материала? В какой-то мере да. Во всяком случае, не обязательно писать конспект после каждой лекции, хотя, если вам удобнее осуществлять работу над конспектом именно с такой регулярностью, то можно поступать и так. Ведь выбрать два-три часа в неделю для занятий данным предметом легче, чем сразу большое число часов для написания существенной части конспекта. Как бы не составлялся конспект, окончив тему, нужно непременно продумать ее в целом, ответить на вопросы: «Чему посвящена тема?», «Что в ней главное?», «Что из этой темы следует запомнить наизусть?» Ответы на эти вопросы целесообразно поместить в конце описания темы в виде небольшого вывода (резюме).

Составление конспекта полезно во многих отношениях: оно учит студента работе с книгой; оттачивает его способность выражать свои мысли словами и переносить их на бумагу, что способствует ясности мышления; позволяет лучше запоминать материал и, главное, понимать его; наконец, существенно упрощает подготовку к экзамену.

В любом случае будет полезным составление логических схем изучаемого материала. Уже само то, что составление их невозможно без детального осмысления и обобщения материала, говорит в пользу этого метода, так как доказано, что эффективность усвоения и запоминания материала в огромной степени зависит от глубины его осмысления.

Механического заучивания следует избегать. зубрежку нельзя назвать учением уже потому, что она создает внутреннее сопротивление какому бы то ни было запоминанию (мозг защищается от насилия) и, конечно уменьшает память. Призовите на помощь воображение и изобретательность. Почти всегда есть возможность превратить выучивание в увлекательную игру. Нужно находить какую-то цель, сверхзадачу, которая сумела бы захватить и по отношению к которой механическое усвоение оказалось бы только побочным средством. Тогда связи в памяти устанавливаются сами собой, приобретают богатство и свободу, и вы обманываете зубрежку. Таким образом, умение слушать лекцию и правильно её конспектировать, систематически, добросовестно и осознанно работать над конспектом с привлечением дополнительных источников – залог успешного усвоения учебного материала.

2. Методические рекомендации к практическим занятиям

Общие положения

Практические занятия по решению задач существенно дополняют лекции по физике. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к физическим явлениям.

Последнее тесным образом связано с методологией физики как науки. Говоря о методологических проблемах курса физики, мы подчеркивали важность знакомства студентов с тем, что любой её раздел должен базироваться на основных постулатах, так что все остальные характеристики изучаемых явлений в принципе могут быть получены из этих постулатов. Идея построения разделов физики на базе основных постулатов должна найти своё отражение и в содержании практических занятий по решению задач. Когда студенты решают задачи по определённой теме, очень важно, чтобы в результате знакомства с конкретными задачами они усвоили принципиальный подход к познанию достаточно широкого класса явлений.

Приведём примеры из раздела «Механика».

Если раздел «Механика» начинается с изучения кинематики, очень важно, чтобы студенты, решая задачи, убедились в том, что для данной системы точек, зная закон движения, можно определить все характеристики движения (положение в пространстве в интересующий нас момент времени, время, когда точка будет находиться в данном положении, скорость и

ускорение) не имея никаких дополнительных сведений о системе. При изучении темы «Динамика материальной точки» преподавателю следует обратить внимание студентов на то, что второй закон Ньютона является основным законом динамики. Такой методологический подход обеспечивает правильное понимание студентами основ механики с самого начала ее изучения. Вторым законом Ньютона представляет собой дифференциальное уравнение, решением которого является закон движения. Определённая методическая трудность может заключаться в том, что студенты первого курса ещё не умеют решать дифференциальных уравнений. Однако понять, что это за уравнения, они вполне могут.

При решении задач по кинематике теории относительности нужно обратить внимание на то, чтобы студенты четко понимали, когда целесообразно пользоваться преобразованиями Лоренца для перехода от одной инерциальной системы отсчёта к другой. И в других разделах физики очень важно подводить студентов к методологическому осмыслению задач, а не останавливаться лишь на технике их решения.

Виды задач и планы их решения

На практических занятиях по физике используются:

- 1) задачи-упражнения, помогающие студентам приобрести твёрдые навыки расчёта и вычислений;
- 2) задачи для демонстрации практического применения тех или иных законов;
- 3) задачи для закрепления и контроля знаний;
- 4) познавательные задачи.

Задачи для закрепления и контроля знаний и задачи-упражнения рассчитаны на использование готовых знаний, полученных из книг, лекций, от преподавателя. Решение таких задач опирается в основном на механизмы памяти и внимания. Оно в известном смысле полезно и даже необходимо.

Например, при решении задачи-упражнения на количественный расчёт средней квадратичной скорости молекул газа при заданных условиях (температуре) студенты должны знать формулу для расчёта средней квадратичной скорости молекул, значение универсальной газовой постоянной, и убедиться, что скорости молекул очень велики даже при комнатных температурах. Всё это полезно для изучения молекулярной физики. Однако только те задачи, в которых устанавливаются новые, неизвестные ранее студентам связи между знакомыми физическими характеристиками, являются стимулятором их умственной деятельности. К таким задачам в первую очередь относятся познавательные задачи. Отличие познавательных задач от задач других видов состоит в том, что в процессе их решения обучающийся приобретает новые знания.

Если студент имеет слабую теоретическую подготовку, решение задач подобного рода может оказаться для него непосильным. Даже в этом случае, если, присутствуя на занятиях, он познакомится с ходом решения и результатом, этого будет недостаточно для достижения цели познавательной задачи. Поэтому нужно требовать, чтобы студенты готовили теоретический материал, и показывать им, что именно невыполнение этого требования приводит к неудаче при решении задач.

Для решения задач расчётного характера достаточно составить систему уравнений, а дальше всё сводится к математическим действиям. Некоторые задачи требуют для решения геометрических построений и использования графиков.

Несмотря на различие в видах задач, их решение можно проводить по следующему общему плану (некоторые пункты плана могут выпадать в некоторых конкретных случаях), который надо продиктовать студентам:

1. прочесть внимательно условие задачи;

2. посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);
3. записать в сокращенном виде условие задачи (когда введены стандартные обозначения, легче вспоминать формулы, связывающие соответствующие величины, чётче видно, какие характеристики заданы, все ли они выражены в одной системе единиц и т.д.);
4. сделать чертёж, если это необходимо (делая чертёж, нужно стараться представить ситуацию в наиболее общем виде, например, если решается задача о колебании маятника, его следует изобразить не в положении равновесия, а отклонённым);
5. произвести анализ задачи, вскрыть её физический смысл (нужно чётко понимать, в чем будет заключаться решение задачи; так, если требуется найти траекторию движения точки, то ответом должна служить запись уравнений кривой, описывающей эту траекторию; на вопрос, будет ли траектория замкнутой линией, следует ответить «да» или «нет» и объяснить, почему выбран такой ответ);
6. установить, какие физические законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;
7. составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;
8. решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ в общем виде. Прежде чем переходить к численным значениям, полезно провести анализ этого решения: он поможет вскрыть такие свойства рассматриваемого явления, которые не видны в численном ответе;
9. перевести количественные величины в общепринятую систему единиц (СИ), найти численный результат;

10. проанализировать полученный ответ, выяснить как изменяется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является, исследовать предельные случаи.

Приведённая последовательность действий при решении задач усваивается студентами, как правило, в ходе занятий, когда они на практике убеждаются в её целесообразности. Поэтому в конце занятия полезно подвести итог, сформулировать найденный алгоритм рассуждений. Заметим, впрочем, что не всегда может быть предложен алгоритм решения задачи. При анализе задач на аудиторных занятиях полезно возвращаться к плану. Отклонение от него в большинстве случаев не позволяет студенту решить задачу. Тогда нужно напомнить ему, какой этап пропущен и указать, что именно это и послужило причиной неудачи.

Информационно–репродуктивное обучение

Традиционный метод обучения базируется на информационно-иллюстративной деятельности (рассказ, показ, беседа) преподавателя и репродуктивной деятельности обучающегося. Обучающийся знакомится с неизвестными ему фактами, путями рассуждений, действий, решая задачу, осмысливает их и применяет. При этом у студента работает в основном ассоциативная память, так как знания даются в готовом виде. Цель традиционного метода обучения на практических занятиях по физике - выработать у студентов умение решать типовые задачи.

Практическому занятию предшествует самостоятельная работа студентов по его теме. Для самостоятельной работы студенты используют рекомендованный на предыдущем занятии материал для подготовки – из учебника, лекций и учебных пособий. Этот вид работы студентами должен быть выполнен обязательно самостоятельно.

В результате подготовки к занятию студенты должны понимать и уметь формулировать фундаментальные законы и помнить наизусть те формулы,

которые были отмечены лектором. Не следует требовать знания всех встречающихся в данном разделе констант, кроме самых важных (ускорение силы тяжести, скорость света и т.п.). Студентов нужно приучать пользоваться справочной литературой. Следует порекомендовать им иметь индивидуальный справочник, в который по указанию преподавателя выписываются громоздкие (не требующие прочного запоминания) формулы, некоторые табличные интегралы и формулы связей между единицами измерений. Таким справочником можно разрешить пользоваться студентам и во время контрольных работ.

Общая методика проведения занятий по традиционной системе заключается в следующем. Сначала вы проводите краткое обобщение по теме предстоящего занятия, напоминаете основные законы и формулы. Лучше это делать с помощью студентов, задавая аудитории соответствующие вопросы. Если нужно писать на доске, можно вызвать одного из студентов, а других спрашивать с места. При этом не только повторяется материал, но и выясняется, как студенты готовились к занятиям. В том случае, когда студенты не могут чётко ответить на вопрос, попробуйте выяснить, в чём состоит затруднение, а затем сами дайте соответствующее разъяснение. Если выяснится, что какое-то важное положение студентами не усвоено, нужно сказать об этом лектору, так как, возможно, эта недоработка студентов есть результат его упущения. На такой предварительный опрос уходит 5-7 минут. Далее на доске студентом с вашей помощью или вами решается типовая задача и даётся подробный анализ полученного ответа. По тому, как студенты отвечают на ваши вопросы в процессе решения задачи и анализа ответа, по вопросам студентов, по их записям в тетрадях и т.д. Вы почувствуете, что задача и ход решения её студентами понятны. После этого следует дать аналогичную задачу для самостоятельного решения. Каждый студент решает её в свойственной ему манере, поэтому для того чтобы

сильные студенты не остались без дела, можно предложить сразу несколько задач. Если самостоятельная работа у кого-либо из студентов не ладится, проконсультируйте его индивидуально тут же на занятии, если задача вызывает затруднение у большинства студентов, разберите её решение на доске. Самым нежелательным является такой вид занятий, когда каждую задачу один студент решает у доски, а все остальные, не задумываясь, списывают её решение в тетради. Обязательно нужно давать задачи для самостоятельного решения, даже такого типа, как решенная на доске.

Иногда занятия можно проводить по плану, согласно которому все аудиторное время тратится на показ решения задач, которое принимается за образец, а самостоятельная работа над задачами служит домашним заданием. Мы считаем, что такого плана допустимо придерживаться лишь в крайнем случае, когда на решение задач отводится слишком мало часов аудиторного времени. Дело в том, что, во-первых, при таком распределении заданий самая трудная в интеллектуальном отношении деятельность студента проходит без помощи преподавателя. После того, как студент решит задачу самостоятельно, можно быть уверенным, что он усвоил метод её решения. Пока такой уверенности нет, нецелесообразно переходить к задачам следующего типа. Умение решать типовые задачи гарантирует хорошее усвоение лишь готовых знаний. Конечно, после такого обучения некоторые студенты смогут решать и сложные, нетиповые задачи. Однако невозможно уловить, на какой стадии преподавания возникает у студента такая способность, что порождает качественный переход от способности репродуцирования знаний к умению их творческого преобразования. Известно, что у некоторых педагогов, применяющих традиционный метод обучения, получаются хорошие результаты, но никто не может сформулировать алгоритма соответствующих действий преподавателя.

Поэтому обобщение опыта лучших педагогов дает очень скромные результаты.

Главный недостаток традиционного метода обучения — получение обучающимися знаний-копий, которые быстро забываются и не могут быть перенесены на другой класс задач. Информационно-репродуктивное обучение не является развивающим.

Применение проблемного метода обучения

Знания, которые приобретаются в готовом виде (при традиционном обучении), оказываются недостаточно прочными и не вызывают дальнейшего развития мыслительной деятельности обучаемого. Гораздо более прочными оказываются знания, добытые самостоятельным трудом. Интеллектуальные затруднения вынуждают обучающегося искать новые пути, формы связи того, что было известно, с новым, т.е. получать новые знания. Этим требованиям отвечает проблемное обучение, когда обучаемый, решая задачу, прибегает к элементам учебного поиска и научного исследования.

Занятия с применением проблемного метода строятся таким образом, что студент последовательно решает задачи переходя от простых к более сложным уровням проблемности. Сложность задач постепенно нарастает, усложняется и форма самостоятельной работы. Существенным недостатком проблемного метода обучения является то, что в решении проблем принимают участие далеко не все студенты, присутствующие на занятиях. Это происходит потому, что для одних студентов поставленная проблемная ситуация слишком проста, для других — слишком сложна. Поэтому в чистом виде применение проблемного метода не всегда целесообразно. Процесс обучения решению задач может быть успешным лишь при использовании комплекса эффективных форм и методов обучения. На одном и том же занятии уместно применять традиционный и проблемный методы. Конечно,

есть такие темы, при изучении которых невозможно использование никакого другого метода, кроме традиционного. Однако в большей части случаев целесообразнее применять комплекс различных методов и способов обучения. В этом случае остается в силе способность проблемного метода обучения делать обучение развивающим.

Самостоятельная работа студентов с помощью учебного пособия

Согласно учебным и рабочим планам, соответствующим реформе высшей школы, должны быть организованы самостоятельные занятия по решению задач. В часы самостоятельной работы студенты должны решать задачи, с которыми они не успели решить во время аудиторных занятий, и те задачи, которые не получились дома. Роль преподавателя-консультанта здесь очень велика. Преподаватель помогает найти ошибку, советует к какому учебнику или учебному пособию лучше всего обратиться, делает небольшие подсказки, не нарушая при этом самостоятельности рассуждений студентов, и т.д.

Для проведения таких занятий нужно, прежде всего, место и, конечно, обеспеченность учебной литературой и пособиями для самостоятельной работы. Отсутствие спешки на таких занятиях (которая нередко бывает на учебных занятиях из-за недостатка времени и напряженности рабочего плана), возможность задать преподавателю любой вопрос, обеспеченность литературой несомненно должны дать положительный эффект. К сожалению, реальное наличие аудиторного фонда в вузе не всегда позволяет выделить достаточное количество часов на самостоятельную работу студентов в аудитории. Всё-таки большую часть времени студенты должны работать дома. В связи с этим возникает потребность в специальной литературе.

Допустим, что у студента есть и задачник и учебник, но задача не получается: не совпадает ответ или он не знает, как взяться за задачу.

Предположим, что в задачнике есть указания к решению, студент им воспользовался, но безрезультатно. Некоторые задачи снабжены решениями, но разбирая их решение, студент фактически делает то же, что при изучении теоретического материала. Конечно, и это полезно: он углубляет знания, развивает умение самостоятельно разбирать материал, получает информацию об алгоритме решения задачи и т.д. Но всё же такой способ работы над задачником не соответствует его прямому назначению. Для того чтобы студенты научились самостоятельно решать задачи, необходимо обратиться к специальным методическим указаниям или учебно-методической литературе по решению задач. Обратившись к ним и получив необходимые указания и рекомендации студент сам самостоятельно сможет пройти по всем этапам предлагаемой задачи и решить её. Прежде чем обратиться к специальной литературе, разумеется, студент должен был проанализировать задачу, задуматься над ней и только тогда решить, что неясно и где в специальной литературе следует искать ответ на возникающие вопросы.

3. Методические рекомендации к лабораторному практикуму

Общие положения

Инженер пользуется методами физики для решения инженерных задач. Он не должен открывать новые физические явления, но обязан уметь применять физические законы. Поэтому для студентов технических вузов наиболее существенно изучение элементов техники измерений, ознакомление с современными видами приборов, приобретение умения видеть физическую задачу в технической проблеме.

Главные задачи лабораторного практикума по общей физике таковы:

- 1) экспериментальная проверка физических законов;
- 2) освоение методики измерений и приобретение навыков физического эксперимента;
- 3) изучение принципов работы физических приборов;
- 4) приобретения умения обработки результатов эксперимента.

Прежде чем приступить к выполнению эксперимента, студенту необходимо внимательно ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы.

Методические описания содержат:

- 1) название работы, ее цель;
- 2) перечень приборов и принадлежностей;
- 3) общую часть (справочные сведения о сути изучаемого явления или эффекта);
- 4) методику проведения работы;
- 5) описание измерений;
- 6) обработку результатов измерений;
- 7) контрольные вопросы.

Основная часть времени, выделенная на выполнение лабораторной работы, затрачивается на самостоятельную подготовку. Студент должен понимать, что методическое описание – это только основа для выполнения

работы, что навыки экспериментирования зависят не от качества описания, а от отношения студента к работе и что формально, бездумно проделанные измерения – это потраченное впустую время. Если студент приступает к работе без чёткого представления о теории изучаемого вопроса, он не может «узнать в лицо» физическое явление, не сумеет отделить изучаемый эффект от случайных помех, а также окажется не в состоянии судить об исправности и неисправности установки. Поэтому этапу выполнения работы предшествует «допуск к работе». Этот этап необходим и по той причине, что в лабораторном практикуме часто изучаются темы еще не прочитанные на лекциях и даже не включенные в лекционный курс. Для облегчения подготовки к сдаче теоретического материала полезно ответить на контрольные вопросы, сформулированные в методическом описании.

Для успешного выполнения лабораторной работы студенту необходимо разобраться в устройстве установки или макета. Проверив приборы установки, подготовив их к работе, студент приступает к наблюдению тех эффектов или явлений, которым посвящена данная работа. Опыт экспериментальной работы нельзя приобрести без самостоятельного экспериментирования. Отсчёт измеряемых величин полагается производить с максимальной точностью. Поэтому перед снятием результатов измерений необходимо проверять нулевые показания приборов и установить цены деления на шкалах.

Этап обработки результатов измерений не менее важен, чем проведение эксперимента. Многие физические законы, полученные в результате экспериментальных исследований, выражаются в виде математических формул, связывающих числовые значения физических характеристик. Поэтому обязательно следите за тем, чтобы, при выполнении тех или иных измерений, были разумно согласованы друг с другом точность определения различных величин.

Если в лабораторной работе исследуется зависимость одной величины от другой, эту зависимость следует представить графически. Число точек на различных участках кривой и масштабы выбираются с таким расчетом, чтобы наглядно были видны места изгибов, экстремумов и скачков. Кроме системы координат с равномерным масштабом применяют полулогарифмические и логарифмические шкалы.

Вычисление искомой величины содержит и расчет погрешностей измерения. Правила расчета погрешностей изложены ниже. Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается предоставлением отчета. Требования к форме и содержанию отчета приведены в каждой из лабораторий.

Погрешности измерений

Никакие измерения не могут быть абсолютно точными. Измеряя какую-либо величину, мы всегда получаем результат с некоторой погрешностью (ошибкой). Другими словами, измеренное значение величины всегда отличается от истинного ее значения. Задачей экспериментатора является не только нахождение самой величины, но и оценка допущенной при измерении погрешности. В зависимости от свойств и причин возникновения различают систематические и случайные погрешности и промахи.

Систематическими называются погрешности, которые при многократных измерениях, проводящихся одним и тем же методом с помощью одних и тех же измерительных приборов, остаются постоянными.

Систематические погрешности вызываются факторами, действующими одинаковым образом при многократном повторении одних и тех же измерений. Они соответствуют отклонению измеренного значения от истинного всегда в одну сторону - либо в большую, либо в меньшую.

Систематические погрешности могут быть обусловлены, во-первых, неисправностью или неправильной работе на используемых приборах (например, неправильной установкой “нуля”). Во-вторых, их причиной может быть несовершенство используемой методики измерения или неучет постоянных факторов, влияющих на исследуемое явление. Например, можно получать завышенные значения температуры плавления кристалла, если проводить измерения при повышенном внешнем давлении.

Помимо погрешностей, возникающих в процессе измерений, систематическими являются погрешности, связанные с применением приближенных (“упрощенных”) формул, и ошибки, обусловленные отличием реального объекта от принятой модели. Так, например, при определении плотности может возникнуть большая систематическая ошибка, если исследуемый образец не является однородным и содержит внутри пустоты.

После выявления причин систематическую погрешность можно устранить, вводя соответствующую поправку. Обнаружить же систематическую погрешность и установить ее причину бывает не всегда просто, и экспериментатору часто приходится проводить дополнительные исследования. Предполагается, что в задачах физического практикума систематические погрешности сведены к минимуму при постановке задачи, и их можно не учитывать.

Случайными называются погрешности, которые при многократных измерениях в одинаковых условиях изменяются непредсказуемым образом.

Случайные ошибки обусловлены множеством неконтролируемых причин, действие которых неодинаково в каждом опыте. В результате этого при измерении одной и той же величины несколько раз подряд в одинаковых условиях получается целый ряд значений этой величины, отличающихся от истинного значения случайным образом как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Природа случайных погрешностей может быть различной: флуктуации нулевого положения указателя измерительного прибора; несовершенство органов чувств экспериментатора (например, невозможность включить секундомер точно в нужный момент); случайные неконтролируемые изменения внешних воздействий - температуры, влажности, давления; наводки в электрической цепи и т.д., которые практически невозможно учесть.

Случайные ошибки всегда присутствуют в эксперименте.

Поведение случайных величин описывают статистические закономерности, которые являются предметом теории вероятностей. Статистическим определением вероятности w_i события i является отношение

$$w_i = \frac{n_i}{n},$$

где n - общее число опытов, n_i - число опытов, в которых событие i произошло. При этом общее число опытов должно быть очень велико ($n \gg 1$). При большом числе измерений случайные ошибки подчиняются нормальному распределению (распределение Гаусса), основными признаками которого являются следующие:

1. Чем больше отклонение значения измеренной величины от истинного, тем меньше вероятность такого результата.
2. Отклонения в обе стороны от истинного значения равновероятны.

Приводимые ниже рецепты **расчетов случайных ошибок** базируются на математическом аппарате теории вероятностей с распределением Гаусса для случайных величин. Следует отдавать себе отчет, что **в условиях практикума при небольшом ($n = 3 \div 10$) числе измерений** эти расчеты **всегда носят оценочный характер.**

Приборной погрешностью называется разность между показаниями любого прибора и истинным значением измеряемой величины. Она может содержать случайную и систематическую составляющие.

Промахи (или грубые погрешности) проявляются обычно в резком отклонении результата отдельного измерения от остальных. Промахи обусловлены главным образом недостаточным вниманием экспериментатора или неисправностями средств измерения. Результаты таких измерений отбрасываются.

Оценка погрешностей величин, измеряемых непосредственно (при прямых измерениях)

а) Случайные погрешности. Основные понятия.

Пусть некоторая случайная величина a измеряется n раз в одинаковых условиях. Результаты измерений дали набор n различных чисел a_1, a_2, \dots, a_n

За наиболее вероятное значение величины a обычно принимают среднее арифметическое значение результатов измерений

$$\langle a \rangle = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

Чем больше число измерений, тем ближе среднее значение к истинному. Абсолютной погрешностью i -го измерения называется величина

$\Delta a_i = a_i - \langle a \rangle$. Абсолютная погрешность - величина размерная. Среди n значений абсолютных погрешностей обязательно встречаются как положительные, так и отрицательные. Относительной погрешностью i -го измерения

называется величина $\varepsilon_i = \frac{\Delta a_i}{\langle a \rangle}$. Относительная погрешность -

величина безразмерная. Обычно относительная погрешность выражается в процентах, для этого ε_i домножают на 100%. Величина относительной погрешности характеризует точность измерения.

Средняя абсолютная погрешность определяется так:

$$\langle \Delta a \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta a_i|.$$

Подчеркнем необходимость суммирования абсолютных значений (модулей) величин Δa_i . В противном случае получится тождественный нулевой результат.

Средней относительной погрешностью называется величина

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i|. \text{ При большом числе измерений } \langle \varepsilon \rangle = \frac{\langle \Delta a \rangle}{\langle a \rangle}.$$

б) Доверительный интервал и доверительная вероятность.

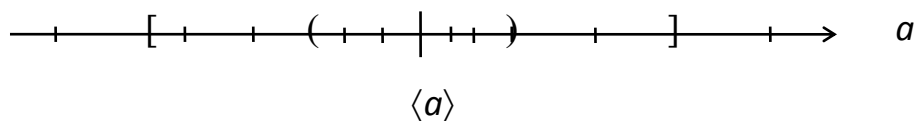
Задача обработки результатов измерений заключается в том, чтобы определить границы интервала, в котором заключено истинное значение измеряемой величины. Этот интервал определяется относительно ее среднего арифметического значения, принимаемого за наилучшую оценку истинного.

Принята следующая форма записи результата измерений какой-либо величины a : $a = \langle a \rangle \pm \Delta a$, ед. измерения, где Δa - определяемая тем или иным способом граница этого интервала.

Теория вероятностей позволяет определить величину интервала, в котором с известной вероятностью w находятся результаты отдельных измерений. Эта вероятность называется доверительной вероятностью, а соответствующий интервал называется доверительным интервалом.

Если число измерений n достаточно велико, то доверительная вероятность выражает долю из общего числа n тех измерений, в которых измеренная величина оказалась в пределах доверительного интервала. Каждой доверительной вероятности w соответствует свой доверительный интервал.

Для примера обозначим на числовой оси точками результаты $n = 10$ условных измерений. Они группируются вокруг средней величины $\langle a \rangle$.



Круглыми скобками обозначим доверительный интервал, внутри которого находятся 5 экспериментальных значений из 10, т.е. доверительная вероятность $w_1 \approx 50\%$. Квадратным скобкам соответствует доверительный интервал для вероятности $w_2 \approx 80\%$. Чем шире доверительный интервал, тем больше вероятность получить результат внутри этого интервала. В теории вероятностей устанавливается количественная связь между величиной доверительного интервала, доверительной вероятностью и числом измерений.

Если в качестве доверительного интервала выбрать интервал, соответствующий средней погрешности, то есть $\Delta a = \langle \Delta a \rangle$, то при достаточно большом числе измерений он соответствует доверительной вероятности $w \approx 60\%$. При уменьшении числа измерений доверительная вероятность, соответствующая такому доверительному интервалу $(\langle a \rangle \pm \langle \Delta a \rangle)$, уменьшается.

Таким образом, для оценки доверительного интервала случайной величины можно пользоваться величиной средней погрешности $\langle \Delta a \rangle$.

в) Приборная погрешность.

Приборная погрешность является паспортной характеристикой прибора. Она определяется для всей совокупности приборов данного вида путем сравнения показаний приборов исследуемой партии с показаниями эталонного прибора (путем градуировки). За значение приборной погрешности принимается наибольшее из полученных значений.

При работе с отдельным прибором конкретная величина приборной погрешности неизвестна, но заключена в известных пределах, которые указываются в паспортных данных прибора.

Для стрелочных электроизмерительных приборов погрешность определяется классом точности. **Класс точности** большинства приборов равен максимально возможной относительной погрешности прибора, выраженной в процентах от величины верхнего предела шкалы. Значение класса точности такого прибора маркируется рядом с его шкалой в виде числа (не обведенного в кружок или звездочку!).

Обозначим класс точности ε_{max} .. Исходя из определения, $\varepsilon_{max} = \frac{\Delta x_i^{приб}}{x_{max}} \cdot 100\%$, где $\Delta x_i^{приб}$ - максимально возможная абсолютная приборная погрешность i -го измерения, x_{max} - величина верхнего предела шкалы измерительного прибора. Отсюда следует, что $\Delta x_i^{приб} = \frac{\varepsilon_{max} \cdot x_{max}}{100}$, а максимальная относительная приборная погрешность i -го измерения вычисляется по формуле

$$\varepsilon_i^{приб} = \frac{\varepsilon_{max} \cdot x_{max}}{x_i^{приб}} (\%).$$

Так, например, у вольтметра класса точности 0,2, предназначенного для измерения напряжения до $V_{max} = 300$ В, максимальная относительная приборная погрешность у верхнего предела измерений равна 0,2%. А при измерении напряжения $V = 50$ В максимальная относительная погрешность возрастает до величины 1,2%. Следовательно, при измерении вблизи нуля (в первой половине шкалы) значительно уменьшается точность измерения. Измерения в начальной части шкалы нежелательны.

Приборные погрешности, определяемые по приведенным формулам, представляют максимально возможную ошибку прибора. Ошибка конкретного измерения может быть меньше.

Если класс точности не указан, то за приборную погрешность можно принять половину цены наименьшего деления на шкале. Обычно эта величина находится в согласии с классом точности.

Погрешность цифровых электроизмерительных приборов обычно указывается в паспорте прибора.

г) Доверительный интервал с учетом случайной и приборной погрешностей.

При однократном измерении некоторой величины случайную ошибку определить невозможно, и граница доверительного интервала определяется величиной приборной погрешности $\Delta a = \Delta a^{n_{\text{приб}}}$. В таком случае погрешность называют погрешностью метода.

При многократных измерениях граница доверительного интервала определяется путем учета случайной погрешности и погрешности, вносимой приборами. Такая погрешность называется погрешностью эксперимента.

Для оценки погрешности эксперимента можно пользоваться формулой $\Delta a = \langle \Delta a \rangle + \Delta a^{n_{\text{приб}}}$. Естественно, если одно из слагаемых значительно больше другого, то оно и будет определяющим в оценке. Если при большом количестве измерений приборная погрешность много больше случайной погрешности измерений, необходимо заменить используемый прибор на более точный. Если же приборная ошибка много меньше случайной ошибки, можно увеличить число измерений для повышения точности результата. Если приборная погрешность сравнима со случайной погрешностью измерений, то, очевидно, не имеет смысла увеличивать число измерений. Следовательно, целесообразно оценивать приборную погрешность перед проведением измерений.

Оценка погрешности при косвенных измерениях

В большинстве случаев величина, интересующая экспериментатора, не может быть измерена непосредственно, а получается путем вычислений с

использованием нескольких непосредственно измеряемых величин. Такие измерения называются косвенными.

Пусть интересующая нас величина a вычисляется по некоторой формуле, требующей знания ряда непосредственно измеряемых величин x, y, z, \dots : $a = f(x, y, z, \dots)$. Здесь $f(x, y, z, \dots)$ - некоторая (пока не конкретизируемая) функция, определяемая расчетной формулой.

В измерениях могут встретиться две ситуации.

а) Косвенные измерения с постоянными параметрами.

В большинстве задач физического практикума многократно измеряются величины x, y, z, \dots , истинные значения которых в процессе измерений остаются постоянными (постоянными параметрами). Например, плотность вещества определяется через многократные измерения массы и линейных размеров одного и того же образца.

В этом случае среднее значение величины a получается подстановкой в формулу средних значений $\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle, \dots$ измеренных величин: $\langle a \rangle = f(\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle, \dots)$, а при расчете погрешностей величины a начинают с вычисления абсолютной или относительной погрешностей в зависимости от вида функции $f(x, y, z, \dots)$.

В общем виде задача ставится так. Пусть известен набор величин $x \pm \Delta x, y \pm \Delta y, z \pm \Delta z, \dots$, где $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ - погрешности непосредственных измерений, определенные так, как это описано в предыдущем параграфе. Как определить абсолютную погрешность величины a ? Учтем, что чаще всего погрешности непосредственных измерений значительно меньше измеряемых величин, составляя несколько процентов и менее от них. Т.е. $|\Delta x| \ll |x|, |\Delta y| \ll |y|, |\Delta z| \ll |z| \dots$. Тогда формально можно погрешность считать малым приращением измеряемой величины, заменить символы: $x \approx dx, \Delta y \approx dy, \Delta z \approx dz, \dots \Delta a \approx da$ - и для нахождения величины Δa использовать математический аппарат дифференциального исчисления

$$\Delta a = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \Delta x \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \Delta y \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \Delta z \right| + \dots$$

Здесь $\frac{\partial f}{\partial x}$ - частная производная, которая вычисляется по обычным правилам дифференцирования. При ее определении все остальные аргументы функции f (кроме x) следует считать постоянными и равными их средним значениям. Слагаемое $\Delta a_x = \frac{\partial f}{\partial x} \Delta x$ соответствует погрешности, вносимой в полную погрешность Δa неточностью измерения только величины x (в предположении, что все остальные величины: y, z, \dots - измерены без ошибок). Аналогичный смысл имеют все остальные слагаемые. Таким образом, оценить абсолютную погрешность величины a при косвенных измерениях можно по формуле

$$\Delta a = |\Delta a_x| + |\Delta a_y| + |\Delta a_z| + \dots$$

где $\Delta a_x = \frac{\partial f}{\partial x} \Delta x$, $\Delta a_y = \frac{\partial f}{\partial y} \Delta y$, $\Delta a_z = \frac{\partial f}{\partial z} \Delta z$,

Для того чтобы сразу определить относительную погрешность величины a , разделим Δa на a и примем во внимание, что выражение $\frac{1}{f} \frac{\partial f}{\partial x}$ удобно преобразовать в $\frac{\partial \ln f}{\partial x}$. Тогда

$$\frac{\Delta a}{a} = \left| \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \Delta x \right| + \left| \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \Delta y \right| + \dots = \left| \frac{\partial \ln f}{\partial x} \Delta x \right| + \left| \frac{\partial \ln f}{\partial y} \Delta y \right| + \dots$$

Если в расчетную формулу входят, наряду с измеренными величинами, еще и табличные данные или справочные константы, то при вычислении погрешности величины a следует учитывать и их погрешности. Если их погрешность не указана специально, то обычно считается, что она не превышает пяти единиц в первом отсутствующем разряде. Например, для

ускорения свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ имеем $\Delta g = 0,05 \text{ м/с}^2$, а для $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ имеем $\Delta g = 0,005 \text{ м/с}^2$.

После вычисления абсолютной погрешности определяется относительная погрешность результата.

Приведем таблицу для оценки погрешности некоторых часто встречающихся при вычислениях комбинаций измеряемых величин.

Таблица 1.

	$a = f(x, y)$	$\Delta a = \Delta a_x + \Delta a_y $	$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a}$
1	$x + y$	$ \Delta x + \Delta y $	$\frac{ \Delta x + \Delta y }{x + y}$
2	$x - y$	$ \Delta x + \Delta y $	$\frac{ \Delta x + \Delta y }{x - y}$
3	$x \cdot y$	$ x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x $	$\left \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right $
4	$\frac{x}{y}$	$\frac{ x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x }{y^2}$	$\left \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right $
5	x^n	$ nx^{n-1} \Delta x $	$n \left \frac{\Delta x}{x} \right $
6	$\sqrt[n]{x}$	$\left \frac{1}{n} x^{\frac{1}{n}-1} \Delta x \right $	$\frac{1}{n} \left \frac{\Delta x}{x} \right $

Обратим внимание читателя на некоторые важные моменты в таблице.

1. Учтем, что случайные погрешности измерений могут равновероятно быть положительными и отрицательными. Поэтому и при сложении, и при вычитании измеренных величин абсолютные погрешности складываются.

2. При вычитании двух величин относительная погрешность содержит в знаменателе разность двух величин. Если эти величины близки, то относительная погрешность разности может значительно превышать относительную погрешность каждой величины в отдельности. Во избежание

потери точности следует избегать таких измерений и вычислений, когда приходится вычитать близкие по значению величины.

3. При умножении и делении величин складываются относительные погрешности.

То есть когда расчетная формула является одночленом, а суммы и разности если и присутствуют, то в виде отдельных множителей, проще сначала вычислить не абсолютную, а относительную погрешность величины a . Если же расчетная формула имеет вид многочлена, целесообразно начинать с расчета абсолютной погрешности.

4. При возведении в степень n , такую что $|n| > 1$, относительная погрешность увеличивается в $|n|$ раз.

Для примера рассмотрим вычисление погрешности при расчете по формуле $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$. Удобнее всего провести его по следующей схеме.

Обозначим $s_1 = v_0 t$ и $s_2 = \frac{at^2}{2}$, где s_1, s_2, v_0, t, a - средние значения измеренных величин. Тогда

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta s_1}{s_1} = \left| \frac{\Delta v_0}{v_0} \right| + \left| \frac{\Delta t}{t} \right|; \quad \varepsilon_2 = \frac{\Delta s_2}{s_2} = \left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{2\Delta t}{t} \right|; \quad \Delta s_1 = \varepsilon_1 s_1 = v_0 t \left(\left| \frac{\Delta v_0}{v_0} \right| + \left| \frac{\Delta t}{t} \right| \right);$$

$$\Delta s_2 = \varepsilon_2 s_2 = \frac{at^2}{2} \left(\left| \frac{\Delta a}{a} \right| + \left| \frac{2\Delta t}{t} \right| \right), \text{ и, наконец, } \Delta s = |\Delta s_1| + |\Delta s_2|, \quad \varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{|\Delta s_1| + |\Delta s_2|}{s_1 + s_2}.$$

б) Косвенные измерения с переменными параметрами.

В некоторых задачах при определении одной и той же величины $a = f(x, y, z, \dots)$ вместо того, чтобы измерять n раз одни и те же параметры x, y, z, \dots , проводят n измерений принципиально различных значений (переменных параметров) x_1, x_2, \dots, x_n величины x , и соответствующих им значений величин y, z, \dots . Например, плотность вещества определяется

через однократные измерения массы и линейных размеров нескольких образцов.

В таком случае расчеты проводятся следующим образом. Величина a вычисляется для каждого опыта в отдельности: $a_1 = a(x_1, y_1, z_1 \dots)$, $a_2 = a(x_2, y_2, z_2 \dots)$... $a_n = a(x_n, y_n, z_n \dots)$, - и обрабатывается как при прямых измерениях. В результате определяется среднее значение a : $\langle a \rangle = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$ и соответствующая ему средняя случайная погрешность $\langle \Delta a \rangle$.

Приборная погрешность $\Delta a^{приб}$ рассчитывается дополнительно. Для ее определения рассмотренным в пункте а) способом выводят формулу для абсолютной или относительной погрешности величины a . В эту формулу в качестве Δx , Δy , Δz , подставляют приборные погрешности $\Delta x^{приб}$, $\Delta y^{приб}$, $\Delta z^{приб}$, ..., а в качестве x , y , z , подставляют значения x_i , y_i , z_i , какого-либо одного из опытов. Для того, чтобы не получить сильно завышенное или заниженное значение приборной погрешности, выбирается опыт с промежуточными (не минимальными и не максимальными) значениями параметров x_i , y_i , z_i ,

Полная погрешность эксперимента определяется как при непосредственных измерениях: $\Delta a = \langle \Delta a \rangle + \Delta a^{приб}$.

Окончательная запись результата. Точность вычислений при обработке измерений

В результате обработки измерений всегда получается приближенное значение измеряемой величины, точность которого определяется только погрешностью, допущенной в процессе измерения, и никакими расчетами нельзя повысить эту точность. Поэтому окончательный результат обработки измерения с точки зрения количества значащих цифр должен соответствовать точности, полученной в процессе измерения.

При численной записи окончательного результата условимся придерживаться следующих правил.

1. В погрешности оставляют только первую значащую цифру. Если же первая значащая цифра - единица, то допускается записывать две значащие цифры, а остальные отбрасываются с округлением в большую сторону.

2. Среднее значение измеренной величины округляется в соответствии со значением погрешности. Правила округления - обычные.

Так, число $c = 4,862452 \pm 0,12465$ должно быть записано: $c = 4,86 \pm 0,12$, а число $d = 242,87546 \pm 0,0094265$ должно быть записано: $d = 242,875 \pm 0,009$.

Примеры записи результата:

$$v = (210 \pm 8) \text{ м/с} \quad (\varepsilon = 4\%)$$

или $v = (2,10 \pm 0,08) \cdot 10^2 \text{ м/с} \quad (\varepsilon = 4\%)$ - стандартная форма.

$$R = (49,8 \pm 0,3) \cdot 10^3 \text{ Ом} \quad (\varepsilon = 0,6\%)$$

$$R = (49,8 \pm 0,3) \text{ кОм} \quad (\varepsilon = 0,6\%)$$

$$R = (4,98 \pm 0,03) \cdot 10^4 \text{ Ом} \quad (\varepsilon = 0,6\%)$$
 - стандартная форма.

Следует помнить, что нули, стоящие в последних разрядах, есть значащие цифры. Так, числа 2,86 и 2,86000 не равнозначны по своей точности.

Отметим, что при проведении косвенных измерений в расчетах выполняются математические операции над приближенными числами, определяемыми с различной точностью. При этом руководствуются следующими правилами округлений и вычислений.

1. При сложении и вычитании приближенных чисел в результате сохраняют столько разрядов, сколько их содержится в числе с наименьшим количеством разрядов.

2. При умножении и делении в результате сохраняют столько значащих цифр, сколько их содержится в числе с наименьшим количеством значащих цифр.

3. Результат расчета значений функций $x^n, \sqrt[n]{x}, \lg x$ некоторого приближенного числа x должен содержать столько значащих цифр, сколько их имеется в числе x .

4. В промежуточных расчетах допускается использовать на одну-две значащие цифры больше (“с запасом”).

Графическое представление результатов измерений

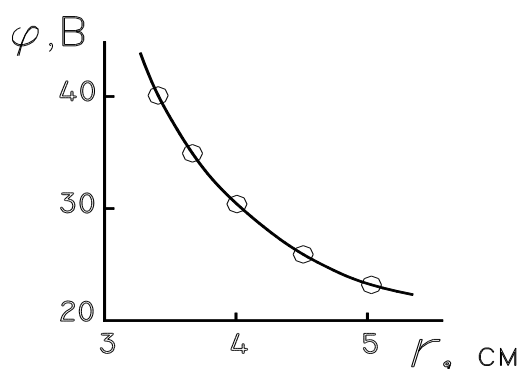
При оформлении графиков необходимо выполнять следующие правила.

1. График должен содержать надпись, из которой было бы ясно физическое содержание представленной закономерности.

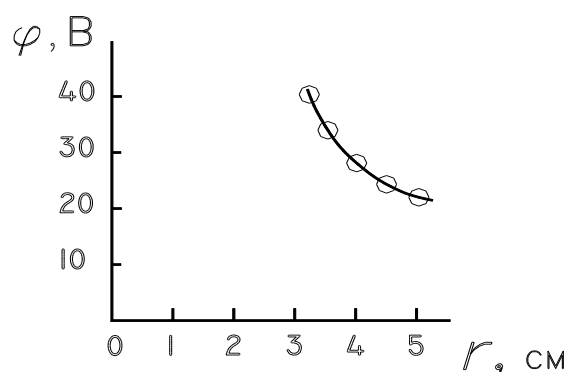
2. Масштабы и начала отсчета по координатным осям выбираются так, чтобы график изображения зависимости занимал большую часть поля чертежа. При этом на пересечении осей не обязательно должны находиться нулевые значения величин.

При выборе масштаба необходимо помнить, что точность построения графика должна быть не ниже точности измерений.

Правильно

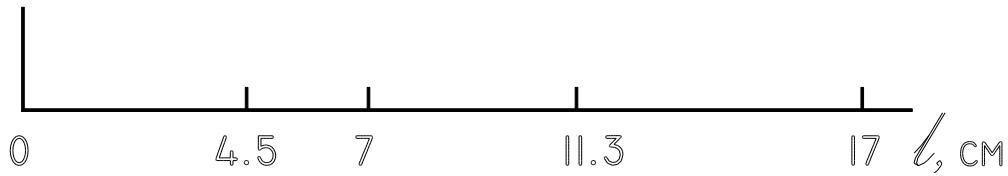


Неправильно

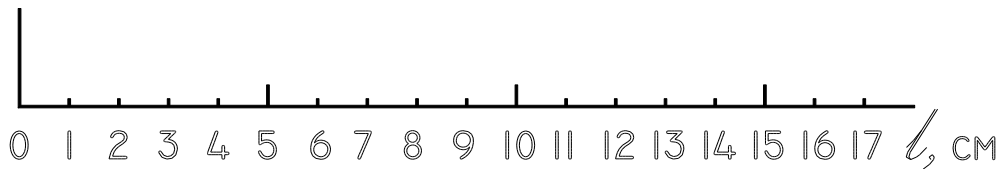


3. На осях координат откладываются равноотстоящие друг от друга деления масштаба так, чтобы было удобно работать с графиком. Значения, полученные в эксперименте, не указываются.

Неправильно

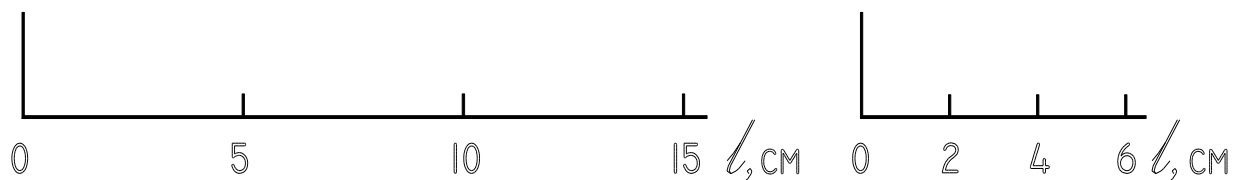


Неудачно



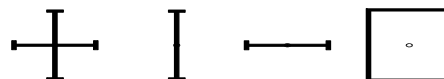
Правильно

или



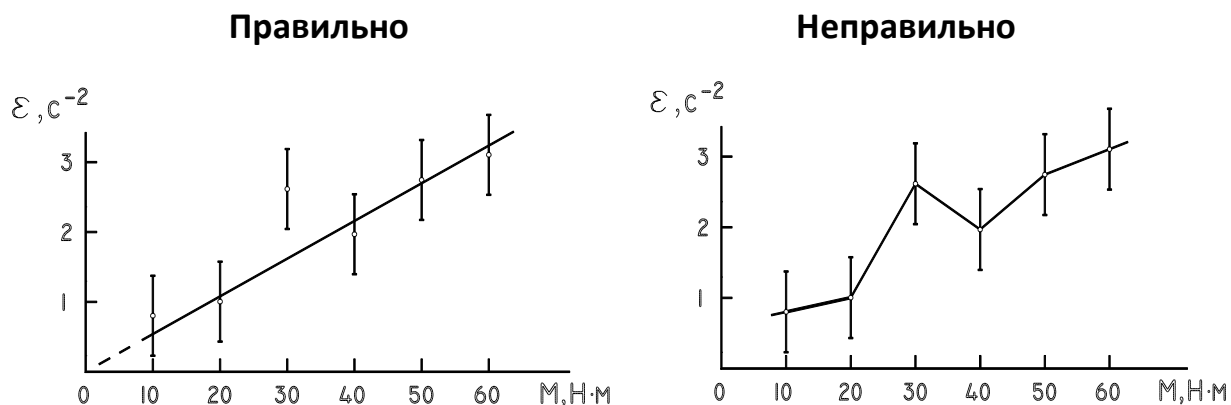
4. В конце координатных осей обязательно указываются условные обозначения откладываемых величин и, через запятую, их единицы измерения.

5. Экспериментальные значения величин (точки) отчетливо наносятся вместе с погрешностями - отрезками длиной в доверительный интервал, расположенными параллельно соответствующей оси, в виде:



Если при построении кривой в выбранном масштабе доверительные интервалы не видны вдоль обеих осей координат, экспериментальные точки проставляются в виде маленьких кружочков (треугольников и т.д.) с центром в точке, соответствующей экспериментальным данным.

6. Экспериментальная кривая проводится плавно через доверительные интервалы всех или большинства экспериментальных точек так, чтобы экспериментальные точки наиболее близко и равномерно располагались с разных сторон кривой.



7. Если на графике изображается теоретическая кривая, то указывается формула, по которой она рассчитывается.

8. При изображении нескольких кривых на одном поле графика каждая из них нумеруется или выделяется каким-то другим способом. В свободной части поля даются соответствующие пояснения.

4 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Виды и формы самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа – это важнейшая часть любого образования. Для студента она начинается с первых дней учебы в высшем учебном заведении. Это работа, которую за него никто не в состоянии выполнить и обязанность преподавателя – научить студента самостоятельно трудиться, самостоятельно пополнять запас знаний. Известно, что методы обучения физике в университете значительно отличаются от школьных. Студент - первокурсник, вчерашний выпускник школы, с первых дней получает большое количество информации и заданий на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Не имея необходимых навыков, особенно он испытывает большие сложности в систематизации полученных знаний и ему нужна помощь в организации самостоятельной работы.

Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины (в данном случае физики), которая имеется на кафедре физики, выпускающих кафедрах и в деканатах. На самостоятельную работу по физике на разных факультетах отводится разное количество часов. Это зависит от аудиторной учебной нагрузки.

Самостоятельная работа студентов предполагает многообразные виды индивидуальной и коллективной деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в специально отведенное для этого аудиторное и внеаудиторное время. Самостоятельная работа – это особая форма обучения по заданию преподавателя, выполнение которой требует творческого подхода и умения получать знания самостоятельно.

Структурно самостоятельную работу студента можно разделить на две части:

- 1) организуемая преподавателем и четко описываемая в учебно-методическом комплексе;
- 2) самостоятельная работа, которую студент организует по своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя.

Методологической основой самостоятельной работы студентов является деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать не только типовые, но и нетиповые задачи, когда студент должен проявить творческую активность, инициативу, знания, умения и навыки, полученные при изучении конкретной дисциплины.

Методическое обеспечение самостоятельной работы предусматривает: перечень тематики самостоятельного изучения, наличие учебной, научной и справочной литературы по данным темам, формулировку задач и целей

самостоятельной работы, наличие инструкций и методических указаний по работе с данной тематикой. Задания должны соответствовать задачам изучения курса и целям формирования профессионала. На младших курсах СРС ставит своей целью расширение и закрепление знаний, приобретаемых студентом на традиционных формах занятий. На старших курсах СРС должна способствовать развитию творческого потенциала студента. Контроль за выполнением должен быть сугубо индивидуальным, при том, что задания могут быть комплексными.

Формы самостоятельной работы студентов:

1. Конспектирование.
2. Реферирование литературы.
3. Аннотирование книг, статей.
4. Выполнение заданий поисково-исследовательского характера.
5. Углубленный анализ научно-методической литературы.
6. Работа с лекционным материалом: проработка конспекта лекций, работа на полях конспекта с терминами, дополнение конспекта материалами из рекомендованной литературы.
7. Участие в работе семинара: подготовка сообщений, докладов, заданий.
8. Лабораторно-практические занятия: выполнение задания в соответствии с инструкциями и методическими указаниями преподавателя, получение результата.
9. Научно-исследовательская работа, выполнение курсовых и квалификационных работ.
10. Контрольная работа в письменном виде.
11. Выполнение заданий по сбору материала во время практики.

Виды самостоятельной работы:

- познавательная деятельность во время основных аудиторных занятий;

- самостоятельная работа в компьютерных классах под контролем преподавателя в форме плановых консультаций;
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов по выполнению домашних заданий учебного и творческого характера (в том числе с электронными ресурсами);
- самостоятельное овладение студентами конкретных учебных модулей, предложенных для самостоятельного изучения;
- самостоятельная работа студентов по поиску материала, который может быть использован для написания рефератов, курсовых и квалификационных работ;
- учебно-исследовательская работа;
- научно-исследовательская работа;
- самостоятельная работа во время прохождения практик.

Рекомендации по организации самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студентов за весь учебный год регламентируется общим графиком учебной работы по семестрам, предусматривающим выполнение индивидуальных заданий, рефератов, курсовых работ по всем дисциплинам.

Организация самостоятельной работы студентов по дисциплине (курсу) планируется и организуется преподавателем и описывается в соответствующем разделе учебно-методического комплекса. УМК по дисциплине включает обязательный раздел «Руководство самостоятельной работой студентов», в котором подробно описывается предлагаемое содержание СРС, конкретные задания, сроки их выполнения, справочный материал, формы отчетности и способы контроля с критериями оценки.

Студенту при работе по этому разделу УМК следует:

1. Внимательно изучить материалы, характеризующие курс и тематику самостоятельного изучения, что изложено в учебно-методическом комплексе по дисциплине. Это позволит четко представить как круг, изучаемых тем, так и глубину их постижения.
2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем. В учебно-методическом комплексе представлены основной и дополнительный списки литературы. Они носят рекомендательный характер, это означает, что всегда есть литература, которая может не входить в данный список, но является необходимой для освоения темы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов:
 - учебники, учебные и учебно-методические пособия;
 - первоисточники. К ним относятся оригинальные работы теоретиков, разрабатывающих проблемы. Первоисточники изучаются при чтении как полных текстов, так и хрестоматий, в которых работы классиков содержатся не полностью, а в виде избранных мест, подобранных тематически;
 - монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, любой эмпирический материал;
 - справочная литература – энциклопедии, словари, тематические, терминологические справочники, раскрывающие категориально-понятийный аппарат;
3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу. При этом важно понимать, что вопросы в истории любой науки трактовались многообразно. С одной стороны подобное многообразие объясняется различиями в мировоззренческих позициях, на которых стояли авторы; с другой свидетельствует об их сложности, позволяет выделить наиболее значимый аспект в данный исторический

период. Кроме того, работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания категорий посредством обращения к энциклопедическим словарям и справочникам.

4. Абсолютное большинство проблем носит не только теоретический, умозрительный характер, но самым непосредственным образом выходят на жизнь, они тесно связаны с практикой социального развития, преодоления противоречий и сложностей в обществе. Это предполагает наличие у студентов не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструмента для анализа социальных проблем. Иными словами студент должен совершать собственные интеллектуальные усилия, а не только механически заучивать понятия и положения.

5. Соотнесение изученных закономерностей с жизнью, умение достигать аналитического знания предполагает у студента мировоззренческой культуры. Формулирование выводов осуществляется прежде всего в процессе творческой дискуссии, протекающей с соблюдением методологических требований к научному познанию.

Методические рекомендации преподавателю по организации самостоятельной работы студентов

Требования к разделу «Руководство самостоятельной работой студентов» УМК по курсу:

- подробное описание предлагаемых видов СРС, конкретных заданий, требований к отчетному материалу по каждому разделу курса;
- сроки их выполнения;
- библиографические справки на источники информации и справочный материал;
- формы отчетности и способы контроля;

- критерии оценки.

Методические пособия по организации СРС выполняют направляющую роль. Они должны указывать в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращать внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов, помогать отбирать наиболее важные и необходимые сведения из учебных пособий, а также давать объяснения вопросам программы курса, которые обычно вызывают затруднения. При этом преподавателю необходимо учитывать следующие моменты:

1. Не следует перегружать студентов творческими заданиями.
2. Чередовать творческую работу на занятиях с заданиями во внеаудиторное время.
3. Давать студентам четкий инструктаж по выполнению самостоятельных заданий: - цель задания; условия выполнения; объем; сроки; требования к оформлению.
4. Осуществлять текущий учет и контроль за самостоятельной работой.
5. Давать оценку обобщать уровень усвоения навыков самостоятельной, творческой работы.

Контроль самостоятельной работы студентов

Технология организации контроля самостоятельной работы студентов включает тщательный отбор средств контроля, определение его этапов, разработку индивидуальных форм контроля.

Оценка успешности студента может вестись в традиционной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо по рейтинговой системе, основываясь на сумме набранных им в ходе самостоятельной работы баллов, за все виды СРС, включая итоговые аттестационные процедуры.

Эффективными формами контроля и активизации СРС в течении всего учебного семестра являются:

1. Использование бально-рейтинговой оценки.
2. Использование межсессионного контроля за качеством учебной работы студента.
3. Тестирование. Экзаменационные тесты позволяют оценить уровень знания студентов в баллах. Оцениваемые тесты могут использоваться преподавателями как формы промежуточного и итогового контроля.

Рекомендуемые формы контроля самостоятельной работы студентов:

- выборочная проверка во время аудиторных занятий;
- составление аннотаций на прочитанный материал;
- составление схем, таблиц по прочитанному материалу;
- обзор литературы;
- реферирование литературы, представление рефератов;
- подготовка конспекта;
- включение вопросов на контрольных работах, на зачете, экзамене.

Этапы самостоятельной работы:

1. Подбор рекомендуемой литературы.
2. Знакомство с вопросами, по которым нужно законспектировать литературу.
3. Составление схем и таблиц на основе изученной литературы.

Комплекс средств обучения при самостоятельной работе студентов:

- учебно-методический комплекс;
- дидактический материал;
- электронный курс лекций, электронный учебник;
- сборники задач, тесты, контрольные задания;
- видеоматериалы, CD, DVD.
- интернет-ресурсы.

Технология организации самостоятельной работы студентов с электронными ресурсами

- организация работы студентов с электронными каталогизированными учебно-методическими материалами;
- анализ свободного компьютерного фонда и составление плана-графика ресурсного обеспечения СРС в компьютерных классах;
- доведение информации о свободных ресурсах компьютерных классов до студентов;
- предварительная запись студентов на удобное для них время для работы с компьютерными ресурсами ИНЭК;
- обеспечение доступа студентов в компьютерные классы и контроль за их работой;
- организация групповых занятий по заданию преподавателя, организация доступа в компьютерные классы.

В аудиториях для самостоятельных компьютерных занятий с помощью обучающих программ, студенты могут, как дополнить свои занятия, полученные на лекциях и семинарах, так и проверить свой уровень подготовки и сдать зачет и экзамен.

Условия эффективности самостоятельной работы студентов

Для обеспечения эффективности самостоятельной работы студентов необходимо:

- обоснование сочетания объемов аудиторной и самостоятельной работы;
- методически правильная организация работы студента в аудитории и вне ее;
- обеспечение студента необходимыми методическими материалами с целью превращения процесса самостоятельной работы в процесс творческий;
- использование методов активного обучения;

- контроль за организацией и ходом СРС и мер, поощряющих студента за ее качественное выполнение;
- обеспечение планами практических и лабораторных занятий, методическими разработками тем для самостоятельного изучения, списками специальной литературы.