А.П.Кузнецов

КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЛИЦЕЯ

А.П.Кузнецов

КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЛИЦЕЯ

Учебное пособие

Издательство «Научная книга»
Саратов, 2005

УДК 530.77

Кузнецов А.П.

Концепция исследовательского лицея. - Саратов: Изд-во «Научная книга», 2005, 71 с.

ISBN 5-93888-765-8

Пособие содержит описание возможного варианта концепции исследовательского лицея. Представлены учебные программы физического лицея и образцы задач. Пособие содержит много задач, относящихся к «неформальной физике», а также задач исследовательского характера и для работы в сети интернет по направлениям, связанным с наукой и образованием.

Сборник будет полезен преподавателям и учащимся лицеев, гимназий и школ, а также всем, кто интересуется физикой.

Рецензент: профессор Мельников Л.А.

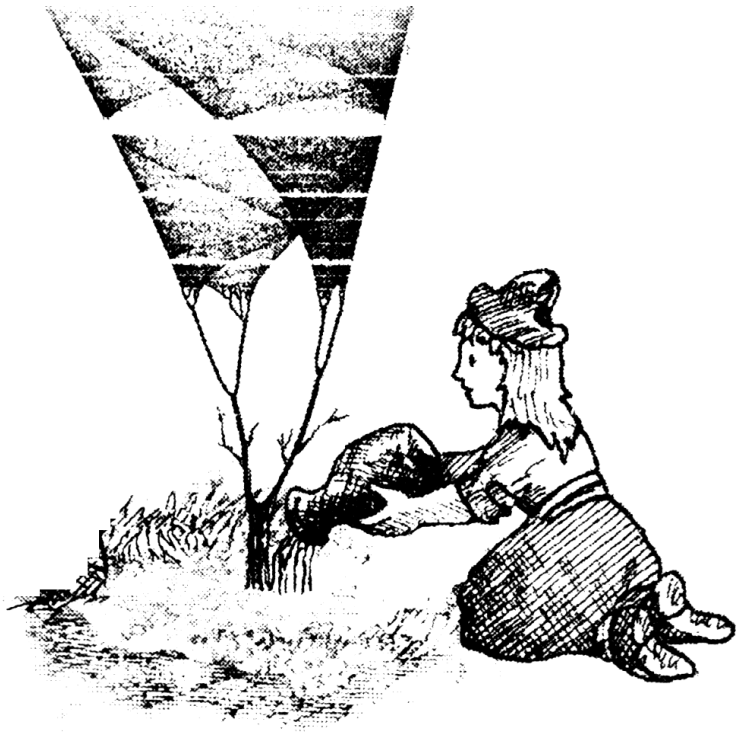
© А.П. Кузнецов, 2005

© Рисунки, Д.В.Соколов

ISBN 5-93888-765-8

« И постоянно, то тут, то там вспыхивали
и разгорались в их толще огоньки
неимоверно далекого
и неизбежного будущего...»

А. и Б. Стругацкие. «Трудно быть богом»



ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЛИЦЕЯ

«Рано или поздно…. приходится разрешать университеты, научные общества, создавать исследовательские центры, обсерватории, лаборатории, создавать кадры людей мысли и знания… Им нужна новая атмосфера - атмосфера всеобщего и всеобъемлющего познания, пронизанная творческим напряжением.»

А. и Б. Стругацкие. «Трудно быть богом»

1. ОТ «НЕЗНАНИЯ» К ЗНАНИЮ

Получение новых знаний – процесс творческий и поэтому интересный. В школе, однако, возникает некоторая «коллизия» около такого утверждения. Действительно, получаемые знания являются ***новыми только для самих школьников***. Поэтому обучение в школе – это, вообще говоря, процесс усвоения уже давно методически «проработанных» понятий, законов и подходов. Результатом часто бывает ситуация, образно выраженная, как говорят, словами академика Флерова: «Современный студент напоминает фаршированную щуку – набит до отказа, а плавать не может». Очень часто эти слова можно отнести и к школьнику.

В то же время очень хочется воспитать юного исследователя, способного творчески мыслить и самостоятельно получать новые результаты. В первую очередь это относится к тем молодым людям, которые выберут науку своей профессией. Но это важно и для других, которые живут в динамичном, развивающемся мире.

Путь в науку в рамках традиционного образования выглядит следующим образом. Сначала молодой человек получает набор знаний в школе. Если он имеет наклонности к физике или математике, то это может быть физико-математическая школа или лицей. Наиболее талантливые проходят через систему олимпиад различного уровня. Затем идет во многом аналогичное получение знаний в вузе. Фактически самостоятельная работа предполагается с дипломного проекта и продолжается в аспирантуре. Такое «запаздывание» по вовлечению в исследовательскую работу само по себе огорчительно.

Более того, в современную эпоху такая схема для большинства молодых людей не приемлема. К моменту, когда традиционное образование

подготавливает их к исследовательской работе, они уже нуждаются в серьезной финансовой поддержке, и поэтому очень часто оставляет науку. Таким образом, необходимо не только вовлечь молодых людей в науку как можно раньше, но и адаптировать их ко всем атрибутам современной науки: работе по грантам, зарубежным стажировкам и т.д., чтобы обеспечить определенный финансовый «запас прочности» и систему внутренней мотивации. Поэтому, чем раньше начать соответствующий процесс формирования личности исследователя, тем лучше.

С другой стороны опыт убедительно показал, что, несмотря на успехи системы физико-математических олимпиад по поиску талантливой молодежи, эта система страдает и серьезными недостатками. Олимпиады учат скоротечной работе, когда за четыре часа нужно решить пять задач. В реальной же жизни одна задача может решаться годами. Поэтому к исследовательской работе очень часто оказываются склонными совсем другие школьники, нежели те, которых выделяет система олимпиад. Такие школьники зачастую не получают моральной поддержки в традиционной школе, система получения знаний в которой мало учитывает необходимость самостоятельного индивидуального длительного труда над одной проблемой.

Таким образом, возникает необходимость, чтобы творческое обучение представляло собой ***некоторую систему***, а не набор отдельных фрагментов. Это требует именно создания системы и ее ***тонкой «настройки».*** Ключевым здесь является формирование определенной атмосферы духовного подъема и творческого заряда. В связи с этим вспоминается одно из высказываний нашего выдающегося ученого, лауреата Нобелевской премии Петра Леонидовича Капицы: «Наука должна быть веселая, увлекательная и простая. Таковыми должны быть и ученые».

Здесь можно услышать возражение такого сорта – а нужно ли нам столько ученых? В ответе на этот вопрос видится два аспекта. Во-первых, речь идет о будущем, а лет через 20 ученые наверняка будут востребованы, слишком много «вызовов» стоит сейчас перед человечеством (энергетическая проблема, экология, глобальные изменения климата и т.д.). Но мне хотелось бы здесь обратить внимание и на другой аспект «исследовательской» схемы образования.

Когда говорят о науке, обычно выделяют фундаментальную науку (обнаружение новых закономерностей в природе) и прикладную (приложение и использование достижений науки). В современную эпоху можно выделить третий аспект науки – ее потенциал по формированию активного современного члена общества. ***Таким образом, наука выступает как образовательная концепция.*** Действительно, занятие наукой, если оно проходит в современной научной группе, дает не просто знания, а огромное количество ***навыков***.

Перечислим некоторые из них. Это и

- умение изложить на бумаге свои результаты,
- владение компьютером, умение сформулировать задачу так, чтобы она была формализована для компьютерного решения,
- умение написать тезисы доклада, подготовить и сделать сообщение, с использованием современных презентационные возможности,
- навыки общения с коллегами по электронной почте, умение четко сформулировать свои вопросы или предложения с учетом требований этики,
- работа в Интернете по своей тематике,
- создание и поддержка веб-страниц в сети интернет,
- умение написать заявку на поддержку (грант) своих исследований, и подготовить отчет по вымоленной работе,
- умение запросить финансовую поддержку для своего участия в научной конференции,
- умение работать в коллективе,
- «рабочее» владение английским языком, как интернациональным языком общения ученых,
- навыки и этика общение с иностранными коллегами.

Эти навыки, которым обычно не обучают в школе (а отчасти и в вузе). Но они могут оказаться в жизни гораздо более полезными, нежели конкретные знания в той области, в которой получено образование.

Замечу еще, что мне нравиться интенсивные системы образования. Может быть с последним не все согласятся, но такова традиция российского образования, идущая от физико-математических школ, и от которой пока нет оснований отказываться. Вашему вниманию предлагается некоторый вариант такой системы физического образования, отчасти условно, а отчасти нет, названный «исследовательский лицей». Она впитала в себя некоторые черты физико-математической школы образца 70-ых годов (конкретнее 13-ой школы г. Саратова), опыт возникшего в 1992 г. лицея прикладных наук г. Саратова, в котором мне довелось преподавать и участвовать в создании системы образования, опыт школьной научной лаборатории базовой кафедры динамических систем Саратовского госуниверситета и Саратовского отделения Института радиотехники и электроники Российской академии наук. Конечно, было очень интересно познакомиться и с опытом других лицеев.

2. ИНТЕНСИВНЫЕ ФОРМЫ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ПРОФИЛИРУЮЩЕЙ ДИСЦИПЛИНЕ ЛИЦЕЯ

Ни один лицей не мыслим без более серьезного, чем в обычной школе, изучения профилирующей дисциплины. Нашими физико-математическим школами, современными лицеями накоплен большой опыт в этой области и имеются достаточно проработанные концепции курсов физики, математики, химии и «технологий» интенсивного учебного процесса. Предлагаю Вашему вниманию некоторые подходы и приемы, которые можно с успехом использовать и которые были апробированы в лицее прикладных наук.

Углубленное изучение физики. Хорошо, если лицей имеет свою, «авторскую» программу по физике. Это делает работу учителя гораздо более творческой и глубокой. В третьей части настоящей книжки представлен пример такой программы, разработанной в свое время для лицея прикладных наук г. Саратова. Программа нацелена на изложение фундаментальных проблем физики. Это предопределило отбор материала. В программу внесен ряд вопросов, которые в силу традиции и в силу недостаточной математической подготовки не изучаются в средней школе. Это прежде всего понятие энтропии, система уравнений электромагнитного поля, уравнение Шредингера и др. С другой стороны, исключено значительное количество технического и прикладного материала, который может быть легко освоен учащимися самостоятельно или в рамках спецкурсов.

Программа учитывает и многолетний опыт физико-математических школ. В частности, включены вопросы, которые обычно изучаются в физико-математических школах и поэтому хорошо методически проработаны. В тоже время мы очень старались избежать бытующего иногда стиля - переносить куски (кстати, и методы преподавания) высшей школы непосредственно в лицей. Важной является глубина, достигнутая на уровне, достаточном для ее восприятия, а не объем материала.

Особенностью программы явилось то, что было принято решение излагать сразу курс механики в 8-ом классе, чтобы иметь полный и самосогласованный четырехлетний курс физики. Это оказалось очень не простой задачей, особенно с точки зрения математической подготовки. Кроме того, учащиеся приходили в лицей с разным "стартовым" уровнем, и отнюдь не все с пониманием сути физики, как науки. Поэтому после первого года работы лицея мы ввели раздел "Основные понятия физики" в первую четверть 8-го класса. Здесь на элементарном уровне происходило знакомство, как с некоторыми идеями физики, так и с некоторыми аспектами использования математики. (Почему это нужно, поясню на

простом примере - идея о том, что можно решать задачу по физике в "буквах", т.е. в алгебраической форме, а лишь затем в числах, оказывается для многих школьников, пришедших в 8-ой класс не столь уж тривиальной.)

Важную роль, как и всегда в курсе физики, играли задачи. При этом непосредственно в программу внесены некоторые задачи, которые можно рассматривать как своего рода "эталонные". Умение решать эти задачи должно быть обязательным как для сильного, так и для слабого школьника. Надо сказать, что мы предпочитали "сущностные" задачи. Часто традиционные «олимпиадные» задачи решались на уроках. Практически отсутствовали задачи, в которых надо было просто подставлять величины. Нам кажется, что надо овладеть сутью явления и всеми его тонкостями, а тогда без проблем решатся и "простые" задачи. Не все коллеги разделяли такой подход, были споры, но нам удалось выдержать этот стиль.

Текст программы по физике и «пакеты» задач для 8-го класса приведены в третьей главе этой книжки. Их можно также найти в Интернете по адресу «http://www.sgtnd.narod.ru/education/rus/prog/lyceum.htm.

Микрозачет. В лицее прикладных наук действовала система заданий, когда давался обязательный набор задач на всю четверть. Примерно два раза в четверть проходил "микрозачет", на котором учащиеся должны были представить все решенные и оформленные задачи. При этом проводилось собеседования по решениям, для чего приглашалась целая "команда" преподавателей университета и сотрудников СО ИРЭ РАН. Это, во-первых, обеспечивает цельное усвоение раздела программы, а не маленьких «кусочков» от урока к уроку. Во-вторых, в ходе индивидуальных бесед быстро выясняются те или иные моменты, связанные с непонимание каких-то вопросов. (Характерно, что сам ученик часто и не подозревает о своих проблемах.) Хорошо, когда в таких «десантах» участвуют студенты и аспиранты, выпускники данного учебного заведения. Вполне можно привлекать и самих учеников. (В школе, в которой я учился, такой ученик получал статус «консультанта».) Это еще хорошо и тем, что школьники, студенты и аспиранты получают навык преподавания, который будет им потом очень полезен.

Миниолимпиада. Четверть можно заканчивать письменной работой, но несколько более серьезной, чем обычная контрольная работа. Обычно при ее проведении снимались другие уроки, так что, фактически, это была мнини-олимпиада, которая проводилась, однако, раз в четверть и для всех учащихся. Задачи для такой письменной работы подбирались соответствующие. Оценивались работы тоже по олимпиадной системе - свои баллы за каждую задачу. На практике такая система, в сочетании с

включением в задания наиболее глубоких и характерных «олимпиадных» задач, избавляла от необходимости иметь специальные кружки по решению олимпиадных задач.

Два преподавателя – одна дисциплина. Каждый, кто «переживал» смену учителя знает, что подчас при этом вдруг не все становится понятным, возникает «путаница»: кто хорошо успевает, а кто нет и т.д. А потом все «становится» на свои места. Происходит своего рода адаптация к личности учителя. Но ведь нужно учить физику – науку, а не «фотографировать» определенный набор знаний, определяемый данным преподавателем. Как быть с этой проблемой? В лицее мы находили выход в том, что физику вели два преподавателя, которые распределяли между собой обязанности. Это хорошо еще и тем, что преподаватели в этом случае обсуждают между собой и методику, и учеников. А обсуждение приближает к истине. Поэтому микроколлектив из двух учителей, работающих по одному предмету – это уже хорошо. В этом плане не очень удачно, когда один и тот же учитель ведет еще и спецкурсы. Оптимально, когда спецкурсы ведут преподаватели вуза или ученые РАН. Однако, если такой вариант не доступен, то можно выйти из положения, отдавая спецкурсы для «своих» учеников другому физику и наоборот.

Координация учебных программ. Стоит потратить (пусть и значительные) усилия на стыковку и "взаимную помощь" различных курсов. В первую очередь это касается курсов физики и математики (включая математический анализ, или его элементы). Это может потребовать весьма значительных усилий, многочисленных обсуждений и дискуссий, но, в конечном итоге, себя оправдает. К сожалению, традиционная методология построена так, что предполагается, что после знакомства с соответствующим разделом математики учащийся автоматически способен использовать математические навыки, как аппарат для решения задач. Как показывает жизнь, это не так. Само собой ничего не происходит. Поэтому нужны специальные усилия, специальная методическая проработка использования математики. Это сделать не просто, и иногда наталкивается на возражения, состоящие в том, что "физики "не правильно излагают математику". (Достаточно вспомнить дискуссию о книгах по математике Я.Б. Зельдовича.) В физико-математических школах возникает иногда противостояние между математиками и физиками, доходящее до "борьбы" за учащихся. (Этому немало способствовал осуществленный в свое время переход к одновременному проведению олимпиад по физике и математике.) Можно, конечно, поделить "сферы влияния", создав математические и физические классы. Но если ставить цели формирования более глубокой картины мира, междисциплинарных взглядов, то очень важно, чтобы было взаимопонимание физиков и математиков.

3. СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНЫХ КУРСОВ

Неформальная физика. В школьные и студенческие годы у будущих физиков часто возникает убеждение, которое, в определенной мере формируется системой действующего образования, что для того, чтобы стать хорошим ученым, достаточно читать учебники и решать задачи. Конечно, упорным трудом школьник и или студент добьетесь многого, особенно если он настойчив. Однако, со временем понимаешь, что изучения учебников явно не хватает, чтобы ощутить себя по-настоящему профессионалом. Один из аспектов этой проблемы состоит в следующем. Одно из самых удивительных свойств физики (наверное, не только физики) состоит в том, что значительная ее часть является своего рода фольклором, собранием знаний и навыков, которые передаются учеными из поколения в поколение. В учебниках, в которых излагается (пусть даже и очень хорошо) формализм физики, эти навыки либо опускаются, либо даются «по ходу дела». Для популяризации «фольклорной части» физики очень много сделал замечательный российский физик-теоретик А. Мигдал. Хорошо известна его книга «Качественные методы квантовой теории». В предисловии к ней говорится: «К сожалению, обычно методы теоретической физики излагаются формально математически, а не в той конструктивной форме, в какой ими пользуются в научной работе... Формальное изложение, при котором убраны все следы «пота», может... внушить начинающему научному работнику чувство неполноценности. Поэтому автор старался по возможности показать механизм подхода к задаче, особенно на первой стадии работы. При этом... раскрываются «секреты» мастерства, т.е. маленькие хитрости, которые ускоряют получение результатов». Однако, книга Мигдала доступна лишь студентам, да и то старших курсов. А можно ли рассказать что-то для школьников, только начинающих изучать физику? Оказывается, можно, и очень много. Этим целям может послужить спецкурс, который будет знакомить с такими атрибутами «фольклорной» физики, как оценки физических величин, метод размерностей, представления о физическом подобии, о всей «кухне» приближенных путей решения физических задач и т.д. Школьникам нужно рассказать и о некоторых сторонах науки, как профессии, сторонах, которые кажутся ученым и педагогам привычными, и которые бывают «забытыми» даже в физико-математических школах. Например, о том, что такое научная статья, какие бывают научные журналы, что такое аспирантура и т.д.

Такой курс под названием «Как работают и думают физики» был разработан для учащихся 8-го и 9-го классов лицея прикладных наук г. Саратова и издан отдельной книжкой. Ее можно разыскать в Интернете по адресу http://www.sgtnd.narod.ru/wts/rus/krdf.htm. Программа курса и примеры задач приведены во второй главе.

Физики тоже любят математику. Мотив постановки такого курса - существование проблемы отношения физики и математики, проблемы, который мы уже коснулись и которая создает огромные трудности как для изучающих физику учеников, так и для физиков-педагогов. Физика в очень высокой степени базируется на математике, однако, физика - наука существенно другая, нежели математика. Решая задачи, физик непрерывно отрывается от реального мира и «уходит» в область идеализированных математических моделей, и ... непрерывно возвращается к окружающему миру, проверяя каждый свой ход, каждый результат с помощью «физических соображений». Овладеть математикой так, как это нужно физику - сложное и увлекательное дело. Такой курс был разработан для учащихся 10-го и 11-го классов лицея прикладных наук г. Саратова. Его особенность в том, что названия тем математические (числовые последовательности, производная, интеграл и др.), а задачи – физические. Их в виде небольшой брошюры можно разыскать в Интернете по адресу http://www.sgtnd.narod.ru/wts/rus/krdf.htm. Программа курса и примеры задач приведены во второй главе.

Нелинейный минимум. Если лицей связан с определенным факультетом, кафедрой, научным институтом, лабораторией, то очень полезно иметь спецкурс (либо, что несколько хуже, кружок), посвященный соответствующему научному направлению. Здесь со школьниками должны работать не просто педагоги, а профессиональные ученые, развивающие данное направление. Адаптировать его для школы, причем так, чтобы было интересно, не просто. Наша кафедра и лаборатория в СО ИРЭ РАН имеют некоторый опыт такого кружка, посвященного нелинейной динамике. С его материалами «Нелинейный минимум» можно познакомится в Интернете по адресу http://www.sgtnd.narod.ru/wts/rus/kruzhok.htm. Программа курса и примеры задач также приведены во второй главе.

Физико-математический кругозор. Наряду с твердым знанием и умением пользоваться целым рядом разделов физики и математики, очень важно иметь и определенный физико-математический кругозор. То есть иметь, хотя бы на очень популярном уровне, представление о достижениях многих поколений физиков и математиков. Существует много интересных теорий, идей, подходов, которые не проходят в школе, но о которых человек, претендующий на профессию ученого, должен хотя бы слышать и иметь некоторое представление. Много интересного есть и в истории науки. В этом русле вполне можно «выстроить» еще один спецкурс. В его рамках, должна быть отражена и мировоззренческая, и нравственная роль науки. Программу и аннотацию одного из возможный вариантов такого курса, подготовленного проф. Кузнецовы С.П., можно найти в Интернете по адресу http://www.sgtnd.narod.ru/education/rus/izfizma/izfizmat.htm и во второй главе настоящей книжки.

4. СИСТЕМА СОРЕВНОВАНИЙ

Соревновательность присуща человеку. Соревнование напоминает игру, а это дает возможность раскрыться, воспитывает активность человека. Приведу некоторые возможные формы соревнований, которые можно использовать в работе исследовательского лицея.

Академбой. Академбой – это соревнование между двумя командами. Оно немного похоже на КВН, но совершенно отличается по своему содержанию. Это соревнование по физике (или математике, химии). Суть его состоит в том, что команды защищают у доски решенные задачи, отвечая на вопросы оппонентов. Защита задач представляет собой маленькую модель выступления и дискуссий, которые традиционны при публичных научных выступлениях. Надо уметь четко донести свою мысль, отстоять свою точку зрения, задать существенные вопросы своим оппонентам. В отличие от урока, академбой требует самостоятельного проявления активности в подготовке вопросов для разминки, вопросов на защите задач и т.д. В лицее можно проводить разовые академбои, а можно иметь их систему, своего рода «чемпионат», включающий академбои по разным дисциплинам. Можно проводить академбои и с другими лицеями и гимназиями. Это позволит Вам лучше и боле адекватно оценить своих учеников, и сделает Ваш лицей более ***открытым***. Правила академбоя и примеры задач приведены во второй главе.

Олимпиады. Олимпиада – это традиционная для наших элитных школ и лицеев форма работы. Здесь мне хотелось бы отметить два аспекта. Во-первых, очень хорошо, когда на олимпиаду готовятся ***оригинальные*** задачи. Действительно, по своему школьному опыту сужу, что обычно на олимпиадах (кроме Всесоюзных) часто просто знаешь практически все предлагаемые задачи. Составление оригинальных задач, конечно, очень не простое, но зато интересное дело, которое существенно с точки зрения формирования творческих навыков. В этом плане важно, чтобы сформировался оргкомитет олимпиады, куда могут входить и преподаватели вузов, ученые из института РАН, и, конечно, молодежь – студенты и аспиранты. Опыт показывают, что студенты – самые большие энтузиасты олимпиад. Второй аспект касается ***подготовки*** к олимпиадам. Здесь, стоит иметь более перспективные цели, нежели победа в очередной олимпиаде. Тогда можно включать в подготовку к олимпиадам и задачи, развивающие и формирующие школьника, как будущего исследователя (задачи на оценки порядков величин, построение моделей и т.д.)

Конкурсы. В лицее стоит организовать целую ***систему*** конкурсов. Могу предложить следующие варианты (помимо упомянутых выше):

- конкурс научных работ школьников,

- конкурс на лучший сайт по проблемам науки и образования,
- конкурс на лучшее решение задачи П.Л. Капицы,
- конкурс на лучшую компьютерную программу, иллюстрирующие законы физики,
- конкурс на лучший реферат и т. д.

Заранее следует продумать идею и схему конкурса, подготовить эффектное объявление. Окончательные итоги можно подвести в виде небольшой конференции, на которых лучшие работы будут публично представлены и обсуждены.

5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Это наиболее важная и наиболее сложная форма деятельности исследовательского лицея.

Школьная научная лаборатория. Одним из вариантов может служить школьная научная лаборатория. При нашей кафедре такая лаборатория существует уже несколько лет. Каждый школьник, ее участник, имеет своего научного руководителя. (Для этого полезно привлечь аспирантов и молодых преподавателей). Научный руководитель занимается со своим учеником по принятой в науке схеме взаимоотношений ученик – учитель. А именно: формулирует исследовательскую задачу, обсуждает текущие результаты, советует ту или иную литературу, если это необходимо, организует консультации у ведущих ученых, помогает подготовить презентацию научного доклада, проводит репетицию выступления, помогает подготовить публикацию и т.д. Конечно, очень непросто сформулировать исследовательскую задачу, доступную школьникам. Здесь «взрослому» коллективу лаборатории приходится проводить соответствующие совместные обсуждения и обмен идеями. Проблема еще и в том, что современным школьникам трудно регулярно посещать такую лабораторию и систематически работать над поставленной задачей – хорошие школы и лицеи стремятся полностью загрузить своих учеников.

Курсовая работа и школьный научно-исследовательский институт. Очень хорошей формой исследовательской деятельности является курсовая работа. (Если не во всех классах, то, по крайней мере, в 10-ом.) Курсовые работы вполне можно выполнять в игровой форме. Для этого создайте Научно-исследовательский институт школьников. Придумайте ему название, создайте ученый совет (в него могут войти школьники, учителя, профессора и т.д.). Разработайте структуру Вашего НИИ в составе нескольких лабораторий. Например, лаборатория Колебаний и волн, лаборатория Компьютерных исследований, лаборатория Теоретической нелинейной динамики и т.д. Оптимальный состав лаборатории – 5 школьников. В каждой лаборатории нужен заведующий (если это школьник, то нужен еще научный руководитель – ученый). Лаборатория получает исследовательскую задачу, которую решает коллективно, используя как и индивидуальные усилия «сотрудников», так и метод «мозгового штурма». Такая организация исследований не исключает того, что некоторые члены лаборатории будут работать над индивидуальными задачами. Результаты текущей деятельности можно периодически заслушивать на научном семинаре Института или ученом совете. Работа заканчивается либо публичной защитой курсовой работы, либо ее представлением на научной конференции.

Школьная научная конференция. В исследовательском лицее обязательно должна быть своя научная конференция. Она должна быть полностью организована по правилам «взрослой» конференции. Заблаговременно (в начале учебного года) дается первое сообщение о конференции, где указывается, кто входит в состав Программного комитета конференции (от школьника до профессора), к какому сроку и в какой форме подаются заявки на участие в конференции. Последнее очень важно, поскольку надо приучать учащихся грамотно оформлять свои результаты. (К сожалению, в школе вообще не учат описывать не то что научную работу, но и оформлять решенные задачи в виде грамотно составленного, связного текста, с использованием нумерациии формул, правильно сделанными ссылками на литературу и т.д.). Лучшие работы Программный комитет отберет для публичных выступлений. Очень четко должно быть оговорено и соблюдаться время выступления (обычно 10 минут). Так же очень Важно организовать корректное научное обсуждение доклада. Здесь велика роль председателя заседания. Лучше, если это будет профессиональный ученый. Наконец, хорошо открыть конференцию пленарной лекцией ведущего ученого. Добавлю, что конференция может быть открытой, тогда следует позаботиться об оповещении других лицеев и школ.

При организации конференции также важнейшей является проблема выбора исследовательских задач. Не нужно стесняться «не эффектных» формулировок. Например, задача о скольжении монеты по наклонной плоскости, получившей начальный импульс в направлении ребра плоскости, или задача об устойчивости плавающего параллелепипеда являются не очень простыми, и требуют серьезного исследования. В то же время работы для школьников на темы типа «Черные дыры во вселенной», «Кварки и их свойства» с очевидностью относятся не к исследовательской работе, а к рефератам. Это тоже полезная форма работы, но другая. Чтобы соответствующие усилия школьников не пропали даром, можно провести, как было предложено выше, конкурс рефератов.

Всероссийские и международные школьные научные конференции, летние физико-математические школ. В России проводится не так мало конференций и других мероприятий, в которых могут принимать участие школьники из других городов. Это и Колмогоровские чтения (МГУ, Москва), Интернет-конференция МФТИ «Юнистарт» (с последующей «очной» конференцией), «Нелинейные дни для молодых в Саратове» и т.д. Также имеются и международные мероприятия для учащихся. При этом очень часто значительную часть расходов организаторы берут на себя. Нужно обязательно быть в курсе этих мероприятий и максимально активно в них участвовать! В поиске информации Вам, конечно, поможет Интернет.

6. ОТКРЫТОСТЬ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Свой сайт. Многие лицеи, гимназии и школы имеют сейчас свои сайты. Естественно, исследовательский лицей тоже должен иметь сайт. Современные школьники без проблем создают сайты. Проблема, и не простая проблема здесь в другом – что на этот сайт помещать. Здесь очень важно, чтобы сайт не сводился, как это часто бывает, к декларации «какие мы хорошие». Сайт должен быть ***полезен*** его посетителям. Это значит, что на нем должны быть доступными научные работы школьников, их рефераты, учебные программы, методики, педагогические новинки и т.д. Сайт обязательно должен содержать и ссылки на тех, чья преподавательская активность близка Вам по характеру, и тех, с кем Вы поддерживаете контакт.

Представляется важным, чтобы сайт демонстрировал связь поколений и научные успехи работы, как лицея, так и его выпускников. Например, многие лицеи, гордясь своими учениками, вывешивают списки победителей Всероссийских и международных олимпиад. Это очень хорошо. Но гораздо лучше, если «щелкнув» по фамилии такого победителя, Вы выйдете на персональную страницу этого победителя или его современный сайт. Тогда будет ясно, чего добился выпускник лицея. К сожалению, практически никогда я не видел переходы с сайтов лицеев, гимназий и школ на сайты лабораторий и научных групп, организованными их выпускниками. А это тоже важный как воспитательный, так и информационный момент. Ведь нынешним ученикам, лицея, решившим стать учеными, скоро надо выбирать себе научное направление и ученого-учителя. А ведь это само собой не происходит, здесь нужны инициатива и информированность.

Работа в Интернете. Интернет – выдающееся достижение нашего времени, которое существенно меняет процесс получения новой информации и общения. Это настолько важное поле деятельности, что упускать его из поля зрения в исследовательском лицее нельзя. При работе в Интернете можно (отчасти условно) выделить пять основных направления

- работа, связанная с конкретной решаемой задачей (например, курсовой работой),
- получение новой информации о науке и образовании,
- информация о мероприятиях, в которых можно участвовать (от конференций – до иностранных стажировок),
- общение,

- хобби.

Очень важно, чтобы все не сводилось к последней из перечисленных возможностей. Да и четвертая – общение – требует серьезного внимания. Как добиться осмысленной и целевой работы в Интернете? Прежде всего, при работе над исследовательской задачей руководитель должен давать и задания, связанные с поиском в интернете. Ученика нужно все время «подталкивать» к осмысленному поиску в Интернете в ходе всей реализации Вашего плана научной работы лицея. Однако, хорошо иметь и «пакет» задач по поиску в Интернете, связанный с наукой, образованием, конференциями. Такие задачи могут дополнять один из спецкурсов, а могут и составлять отдельный курс.

Электронная библиотека. Сейчас очень много физико-математической литературы. Это, конечно, очень хорошо. Но с другой – создает и проблемы. Действительно, одних журналов «Квант» вышло несколько сотен номеров! Учащемуся очень сложно ориентироваться в таком объеме информации. Поэтому хорошую информационную поддержку ученику может оказать электронная библиотека на CD. В такую библиотеку Вы отберете материалы (олимпиадные задачники, популярные книжки, избранные статьи из журнала «Квант», из Соросовского образовательного журнала и т.д.) близкие Вам по характеру, тот минимум и максимум того, с чем бы работал Ваш ученик. С такой электронной библиотеки мы всегда начинаем работу, как в школьной, так и в студенческой научной лаборатории.

Мобильность. Опыт показывает, что лицею не всегда удается выделить учителя для сопровождения учащихся на конференции или летние (осенние и др.) физико-математические школы в другие города. Связано это и с перегрузкой учителей, и некоторой неординарностью для учителя такого рода занятий. (У ученых - совсем другая ситуация. Для них конференция - это и подведение итогов своей работы, и место получения свежей научной информации. Поэтому они очень активны в стремлении участвовать во множестве конференций.). Нужно использовать ***любую*** возможность для поездок и контактов. Здесь дирекции лицея нужно иметь «заряженность» на участие в различных мероприятиях, и иметь какую-то схему замены учителей. Иначе происходит замыкание в своей школе, в своих интересах.

Контактность. Современные компьютерные средства общения позволяют быстро находить через Интернет близких Вам по характеру своей деятельности людей. Напишите им письмо, вступите в «электронное» общение. Это, вместе с мобильностью, о которой мы только что говорили, будет способствовать тому, что Ваш лицей будет не просто системой, а ***открытой системой***.

7. ПЛАН НАУЧНОЙ РАБОТЫ ЛИЦЕЯ

Конечно, не обязательно использовать все формы исследовательской работы, описанные выше. Можно придумать и какие-то свои. Однако важно, чтобы был четкий план научной работы в лицее. Конечно, в школе всегда пишутся планы внеклассной работы. Но я здесь подчеркиваю, что нужно ***иметь отдельный четкий план именно научной работы.*** При его подготовке представляется важным продумать его так, чтобы в сфере его реализации оказались ***все*** учащиеся. Конечно, заниматься в школьной научной лаборатории исследовательской работой сможет не каждый. Но тогда нужно подобрать какую-то другую форму активности ученика, связанную (пусть хоть косвенно) с наукой. Можно участвовать в подготовке приветствия к акдембою, готовить репортажи для сайта о ходе исследовательской работы в лицее, организовать театрализованный физический вечер для самых младших учеников, только что поступивших в лицей, и т.д. и т.п.

ГЛАВА 2. УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ, ПРАВИЛА, ЗАДАЧИ

Для каждого специального курса, представленного в первой главе книги, мы здесь приводим программу и по несколько характерных задач для разных вопросов программы. Надеемся, что эти задачи дадут некоторое представление о характере курса Кроме того, в этой главе приводятся правила академбоя, даны примеры оригинальных задач для академбоя, а также примеры оригинальных олимпиадных задач.

В силу важности для юных исследователей интернета, мы не ограничились только задачами по поиску в интернете, а даем некоторые комментарии в виде небольшой статьи «Интернет для юных физиков».

Материал «Исследовательские задачи», также в силу его важности, также имеет вид небольшой статьи, к которой приложены задачи. Отметим, что в этой статье дан план решения одной из задач исследовательского характера, для решения которой очень полезно использование интернета. Каждая задача имеет свое название, ее решение является небольшой «научной» работой.

В заключении мы приводим один из вариантов возможных правил оформления научных сообщений (решений исследовательских задач).

1. «НЕФОРМАЛЬНАЯ ФИЗИКА»

В этом разделе представлены программы и образцы задач по курсам «Как работают и думают физики», «Физики тоже любят математику», «Нелинейный минимум» и программа по курсу «Избранные вопросы физики и математики». Большие подробности можно найти на сайте www.sgtnd.narod.ru с помощью кнопок «образование» и «школьнику».

Как работают и думают физики

Учебная программа (8-9 классы)

1. Что такое физика?
2. Числа в физике.
3. Оценки физических величин.
4. Характерный размер.
5. Масштаб.
6. Точность в физике.
7. Зависимости физических величин. Функции и графики в физике.
8. Асимптотическое поведение зависимостей.
9. Измерения и эксперимент в физике.
10. Размерности физических величин.
11. Подобие - один из способов узнать зависимость физических величин.
12. Кое-что о формулах.
13. Рисунок к задаче.
14. Физические термины.
15. Справочник - помощник физика.
16. Научные журналы и библиотека.
17. Обсуждаем проблему.
18. Сами формулируем задачу.
19. Физическая модель.
20. Алгебра приближенных чисел.
21. Геометрия разных масштабов.
22. Два масштаба времени в одной задаче.
23. Уравнения в физике.

24. Качественная теория.
25. Критическое состояние.
26. «Эталонные задачи».

Примеры задач

1. Оцените длину шкурки, которую снимают, почистив килограмм картошки. Считайте, что картофелины имеют форму шара радиуса R=3см. Ширину шкурки примите равной 1 см. Во сколько раз изменится длина снятой шкурки, если размер каждой картофелины в n раз меньше? Килограмм какой картошки можно быстрее почистить: крупной или мелкой?
2. Муравей путешествует с одного края дачного участка, имеющего площадь 6 соток, на другой. Выберите масштаб по осям координат, которые будут удобны для того, чтобы изобразить график зависимости пройденного муравьем пути от времени.
3. Площадь прямоугольного треугольника однозначно определяется величиной гипотенузы c и углом α, прилежащим к гипотенузе. Из соображений размерности получите формулу для площади прямоугольного треугольника. Постройте качественно универсальную функцию, характеризующую зависимость площади прямоугольного треугольника от угла α. Используя этот результат, докажите теорему Пифагора.
4. После того, как человек вышел из воды после купания, на его коже осталось около 200 г воды. Оцените, какой процент веса Дюймовочки ростом 2,5 см составит вода после купания. В лесу живут два подобных друг другу существа, причем все размеры одного в 10 раз больше. Крупное существо весит 50 кг, питается 3 раза в день и съедает за сутки 1 кг пищи. Сколько весит второе существо? Сколько пищи оно съедает в день? Сколько раз в день оно питается? Считайте, что существа ведут не очень активный образ жизни, и почти вся энергия, которую они получают при переваривании пищи, идет на поддержание теплового баланса с окружающей средой. Потери тепла пропорциональны площади поверхности тела.
5. Имеются две геометрически подобные пружины, причем все линейные размеры второй в n раз больше. Коэффициент жесткости первой пружины равен k. Чему равен коэффициент жесткости второй пружины? Упругие свойства материалов характеризуются модулем Юнга E, имеющем размерность Н/м^2 .
6. Вам необходимо определить площадь поверхности тела человека. Предложите иерархию усложняющихся моделей, пригодных для этой цели. Сколько параметров необходимо задать, чтобы применить каждую из предложенных вами моделей? Определите время, которое вы

затратите на вычисления с помощью каждой модели.

7. Тело, брошенное под углом к горизонту $\alpha_1 = 45^0$, пролетело расстояние $l = 20$ м. На сколько ближе оно упадет, если его бросить из той же точки и с той же скоростью, но под углом $\alpha_2 = 44^0$? Задачу решите без использования микрокалькулятора.
8. Получите приближенную формулу для площади треугольника, у которого одна из сторон много меньше двух других. Рассмотрите сначала случай равнобедренного треугольника, а затем - произвольного. Оцените точность вашей формулы.
9. Футбольный мяч падает с высоты 3 м. Оцените характерную силу, действующую на мяч со стороны земли в момент удара. Сравните ее с весом мяча. Оцените максимальную величину деформации и сравните ее с радиусом мяча. Оцените изменение давления в мяче при ударе и сравните его с начальным давлением.
10. В цилиндрической пробирке длиной L находится легкий поршень на расстоянии l от дна пробирки. В пробирку поверх поршня начинают наливать воду с тем, чтобы вода заняла весь объем пробирки выше поршня. На каком расстоянии от дна расположится при этом поршень? Чтобы отобрать, нужный корень уравнения, оцените порядок величины смещения поршня. Рассмотрите далее случай, когда пробирка заполняется ртутью. Можно ли воспользоваться тем же правилом отбора корня? Исследуйте положения поршня в пробирке с ртутью на устойчивость. Для этого постройте на одном рисунке графики зависимостей давления газа под поршнем и гидростатического давления столба воды от положения поршня. Каким точкам на этих графиках соответствует равновесие поршня?

Физики тоже любят математику

Учебная программа (10 класс – первое полугодие 11-го класса)

1. Числовые последовательности
2. Производная в математике и физике
3. Задачи на максимум и минимум
4. Экспонента
5. Интеграл
6. Дифференциальные уравнения
7. Линии уровня
8. Комплексные числа и их приложения
9. Математический кругозор

Примеры задач

1. Как установил Ньютон, температура остывающего тела изменяется по закону $T=T_c+(T_0-T_c)e^{-\alpha t}$, где T_0 - начальная температура тела, T_c – температура окружающей среды, α – некоторый коэффициент. Через равные интервалы времени телу сообщают количество тепла Q. Теплоемкость тела C. Получите разностное уравнение, описывающее изменение от раза к разу температуры тела сразу после получения очередной «порции» тепловой энергии. Каков характер соответствующей последовательности значений температуры: убывающий или нарастающий? От чего это зависит? Найдите предельное значение этой последовательности. Как будет изменяться температура тела в «реальном» времени? Нарисуйте примерный график. В каком интервале будет колебаться температура тела через достаточно большое время? Зависит ли асимптотический закон изменения температуры от ее начального значения?
2. Пружина характеризуется зависимостью потенциальной энергии от удлинения $U(x)=kx^2/2+ax^4$ ($k>0$, $a>0$). Определите зависимость силы упругости пружины от ее удлинения. При каком условии выполняется закон Гука?
3. Торпедный катер выходит на цель, двигаясь по параболе $y = -Cx^2$, где $C = 0{,}01$ м$^{-1}$. В какой точке следует выпустить торпеду, чтобы поразить неподвижную цель, имеющую координаты $x = 100$ м, $y=300$ м. Сколько решений имеет задача? Дайте физическую интерпретацию каждому из них.
4. Найдите период возможных малых колебаний материальной точки массой m, движущейся вдоль оси x, если зависимость потенциальной энергии от координаты x дается следующими формулами: а) $U(x) =U_0 \sin(2\pi x/l)$; б) $U(x) = 4a[(b/x)^6-(b/x)^{12}]$; в) $U(x) = U_0 [(x/l)^3-3x/l)]$.
5. Известно, что для некоторых модификаций и соединений углерода валентные связи атомов углерода направлены к вершинам тетраэдра, причем угол между ними составляет 109°28'. Покажите, что если в круге радиуса R вырезать сектор так, чтобы получить развертку конуса, объем которого максимален, то угол при вершине такого конуса равен 109°28'.
6. Груз массы M подвешен на тросе. Как должна меняться толщина троса, чтобы в любом его сечении нагрузка на единицу площади сечения была одинаковой? Плотность материала троса ρ, площадь сечения в точке прикрепления груза S.
7. Вычислите силу гравитационного взаимодействия материальной точки массы m и однородного тонкого цилиндра длины L и массы M. Цилиндр и точка лежат на одной линии так, что кратчайшее расстояние между ними равно R (рис.1).

Рис. 1

8. С поверхности планеты массы M и радиуса R вертикально вверх брошено тело с начальной скоростью v_0. Определите зависимость высоты подъема от времени. Покажите, что при небольшом значении начальной скорости получается обычная формула для движения в поле силы тяжести. Уточните понятие «небольшое значение скорости». Атмосфера отсутствует.

Нелинейный минимум.

Учебная программа (10 класс – первое полугодие 11-го класса)

1. Введение. Нелинейный мир
2. Отображения на примере школьной задачи
3. Логистическое отображение и бифуркационное дерево
4. Прыгающий шарик
5. Отображение Эно
6. Фазовое пространство и аттракторы
7. Карты динамических режимов

Примеры задач

1. Для известной задаче о бесконечной цепочке резисторов (рис.2) напишите отображение $x_{N+1} = f(x_N)$., дающее зависимость сопротивления конечной цепочки из (n+1) звеньев от сопротивления цепочки из n звеньев. Сопротивление всех резисторов одинаковы и равны единице. Покажите, что сопротивление бесконечной цепочки можно найти как неподвижную точку полученного отображения. Решение проиллюстрируйте с помощью итерационной диаграммы. Сколько звеньев должна содержать цепочка, чтобы ее можно было считать «бесконечной» с точностью 1%? С точность 0,1%?

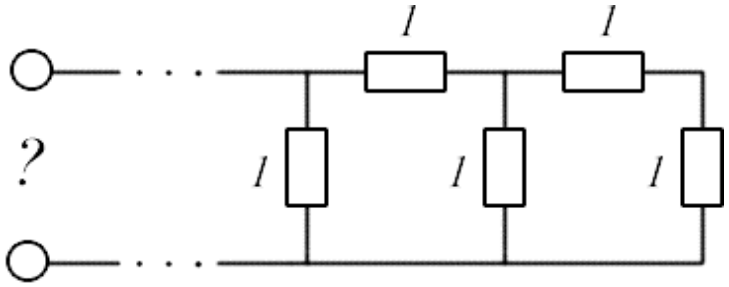


Рис. 2

2. Реализуйте программу, которая строит бифуркационное дерево для логистического отображения. Создайте программу, которая при щелчке

мышью на бифуркационном дереве в отдельном окне строит итерационную диаграмму. Укажите значения параметров, когда реализуются 2-цикл, 3-цикл, 4-циклы (их несколько!), 5-циклы.

3. Создайте программу, рисующую бифуркационное дерево для отображения Эно. Постройте его для случаев b=0,3, b=0,6, b=0,9. Что происходит с деревом при приближении b к единице?

$$x_{n+1} = 1 - \lambda x_n^2 - by_n$$
$$y_{n+1} = x_n.$$

4. Напишите программу, которая реализует конденсацию облака из большого числа изображающих точек в фазовом пространстве на аттрактор для отображения Эно. Варьируя параметр λ при фиксированном b=0,3 рассмотрите, как меняется вид аттрактора.
5. Постройте на компьютере карту динамических режимов кубического отображения $x_{n+1}=a-bx_n+x_n^3$,на которой разным цветом на плоскости параметров a, b будут обозначены установившиеся циклы разных периодов.

Избранные вопросы физики и математики

Учебная программа (второе полугодие 8-го и 9-ый класс)

Курс разработан и прочитан в лицее прикладных наук г. Саратова проф. Кузнецовым С.П.

1. Формула Кардано и ее история.
2. Треугольник Паскаля.
3. Хаос и удвоения периода.
4. Математический маятник
5. Что такое турбулентность?
6. Многомерная геометрия.
7. Броуновское движение.
8. Замечательные последовательности.
9. Цепные дроби и календарь.
10. Бинарные последовательности
11. Фракталы
12. Теория катастроф
13. Связанные маятники
14. Геометрическое представление движений – фазовое пространство.
15. Теория вероятностей.

16. Парадоксы теории вероятностей.
17. История освоения космоса
18. Петр Капица
19. Лев Ландау
20. Ричард Фейнман

2. ПРАВИЛА И ЗАДАЧИ АКАДЕМБОЯ

В этом параграфе мы приводим один из возможных вариантов правил проведения академбоя. Конечно, Вы, по своему усмотрению и по своим интересам вполне можете их изменять и совершенствовать. Главное, чтобы сохранялся творческий заряд на решение задач, на науку, на формирование научного мышления и этики поведения. После правил даны образцы задач, которые были разработаны для академбоя на Всероссийской школе конференции «Нелинейные дни для молодых – 2003». Их особенность была в том, что в академбое участвовало по три команды. Поэтому каждый «комплект» содержит по три задача.

Правила академбоя

1. Академбой проводится между двумя командами по 10-15 человек каждая. В каждой команде должен быть выбран капитан.
2. Жюри академбоя состоит из председателя, ведущего и 3-5 членов.
3. Командам рекомендуется изготовить эмблему.
4. За час до академбоя капитанам вручается текст четырех задач. Решения задач должны быть представлены в жюри в письменном виде перед началом академбоя. Решение каждой задачи оценивается по 5-балльной системе.
5. Академбой начинается с приветствия команд, которые длятся около трех минут и должны содержать “физические” мотивы. Приветствие оценивается по 3 балла.
6. После приветствия ведущий совместно с капитанами проводит жеребьевку на право первому назначить противнику задачу для защиты. Остальные задачи назначаются капитанами команде противника попеременно. Каждая команда защищает 2 задачи.
7. После распределения задач команды выделяют представителей для оформления на доске решений задач.
8. Во время оформления задач производится разминка. Команды задают друг другу попеременно три заранее подготовленных вопроса. Один из вопросов должен быть экспериментальным. На размышление дается 45 сек. Каждый правильный ответ оценивается в 3 балла. Вопросы, как правило, не оцениваются. Однако, в случае, если жюри признает вопрос или ответ предложившей его команды некорректным, оно имеет право снять с команды до 3-х баллов. Жюри имеет право добавить 3 балла за оригинальные и качественные вопросы.
9. Защиту задачи осуществляет 1-3 человека. Один член команды имеет право защищать только одну задачу. На изложение решения отводится

5 мин. После этого нападающая команда задает 5 вопросов. После каждого вопроса заслушиваются ответы зашиты. В случае острой дискуссии жюри имеет право увеличить количество вопросов. Дискуссия прекращается, если следующий вопрос не будет задан в течение 45 сек. Защита и нападение оцениваются для каждой задачи по 5-баллов.

10. Жюри (включая и ведущего) имеет право штрафовать команды за "неспортивное" поведение на 3 балла.
11. Жюри имеет право поощрять команду за активность на 3 балла.
12. Жюри обязано по ходу академбоя сообщать счет и комментировать ход дискуссий.

Примеры задач академбоя

Мы предлагаем Вашему вниманию задачи академбоя Всероссийской школы-конференции «Нелинейные дни для молодых – 2003». Особенность этого академбоя состояла в том, что участвовало три команды. Соответственно, было подготовлено три задачи.

1. Определите максимальное ускорение, с которым заднеприводный автомобиль с расстоянием между осями L=1,2 м, центр тяжести которого расположен на высоте h=1 м от земли посередине между осями, может начать двигаться, если он находится а) на льду, б) на асфальте. Коэффициент трения скольжения колес по льду 0,1, по асфальту 0,7.
2. Математический маятник в виде невесомого стержня с грузом массы m находится вблизи верхнего (неустойчивого) положения равновесия. Маятник может совершать движения в одной плоскости, перпендикулярной рисунку. Маятник прикрепляют к двум пружинам жесткости k, рис. 3. Пружины не деформированы, когда маятник находится точно в верхнем положении равновесия. Маятник смещают на очень малое расстояние перпендикулярно плоскости рисунка и отпускают. Найдите размах колебаний маятника. Считайте, что смещение маятника мало по

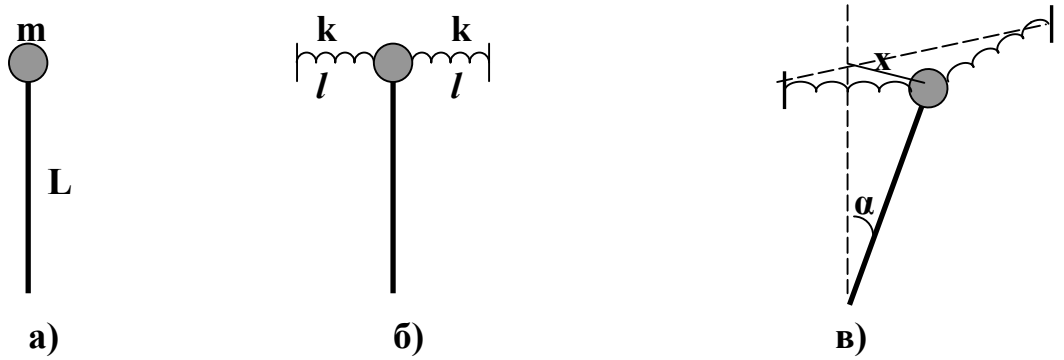


Рис. 3

сравнению с длиной маятника L и длинами недеформированных пружин l. (*Указание.* Можно использовать, что при малых x и α справедливы соотношения $(1+x)^{1/2}=1+x/2+\ldots$ и $\cos\alpha=1-\alpha^2/2+\ldots$)

3. На доске массы M лежит небольшой брусок массы m (см. рис.4). Коэффициент трения между доской и бруском равен μ_1, а между доской и поверхностью - μ_2. К бруску приложена горизонтальная сила F. Укажите все возможные качественно разные ситуации поведения системы и изобразите на плоскости параметров (μ_1, μ_2) соответствующие им области.

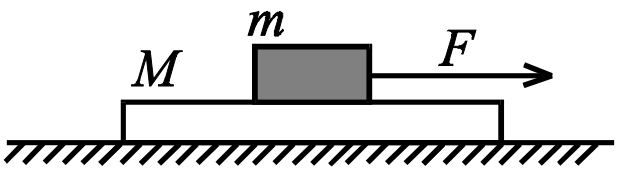


Рис. 4

4. ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАЧИ

…Условия сам назначу,
Задам тебе, враженок, задачу…
А.С. Пушкин

Предлагаем Вашему вниманию некоторые оригинальные физические задачи, разработанные в свое время для Саратовских городских олимпиад по физике.

Примеры задач

1. Металлический полый шар массы M заполнен резиной массы $m = M/4$. Два таких шара, двигаясь в невесомости навстречу друг другу с равными скоростями v_0 , испытали центральное столкновение. Найдите установившуюся скорость разлета шаров. Известно, что незаполненные шары сталкивались упруго. Скорость звука в резине значительно меньше, чем в металле.
2. Оказалось, что температура воздуха в некоторой местности в безветренный пасмурный день может быть описана зависимостью $T(℃)=20+10\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot t/24+\varphi)$, где t - время в часах, φ - постоянная. Определите, когда достигается максимальная температура воды, равная 25°С, в небольшом пруду, расположенном в той же местности. Температура воздуха максимальна в 1+5 часов.
3. Горизонтально расположенный плоский конденсатор подключен к источнику напряжения U. Около верхней пластины удерживают с помощью магнита маленький железный шарик (рис. 5), затем магнит быстро убирают. Если $U>U_0$, то шарик начинает прыгать внутри конденсатора, попеременно касаясь обеих пластин. Найдите период колебаний шарика при $U=\sqrt{3}\,U_0$. Известно, что при $U = 0$ высота каждого последующего подпрыгивания шарика уменьшается в 2 раза. Пластины изготовлены из немагнитного проводящего материала, расстояние между ними h. Удар шарика о верхнюю пластину абсолютно упругий.

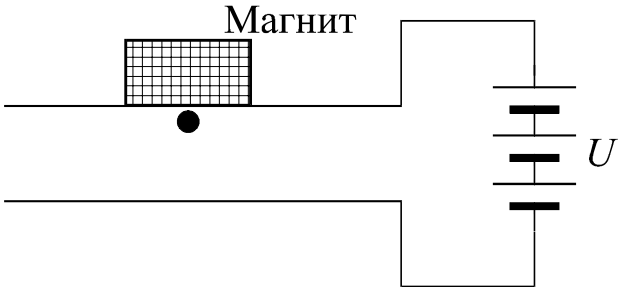


Рис. 5

4. На наклонной плоскости с сухим трением вбит гвоздь, к которому прикреплен маятник (см. рис. 6). Первоначально нить параллельна ребру наклонной плоскости. Затем маятник отпускают без начальной скорости. Возможно ли, чтобы маятник остановился и остался под углом: а) $\varphi_1 = \pi/2 + \pi/6$, б) $\varphi_2 = \pi/2 + \pi/12$ к первоначальному положению нити сразу после первого полукачания? Маятник может лишь скользить по плоскости.

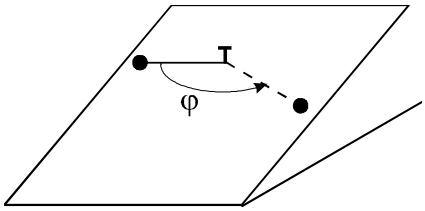


Рис. 6

5. При испытании новой модели электрического чайника оказалось, что вода нагревается почти до 100 °С, но все же не закипает. Чайник рассчитан на мощность нагревателя P и напряжение 110 В. Тогда чайник подключили к сети 220 В. За какое время чайник выкипит наполовину? Масса воды в чайнике M. Теплота парообразования воды λ. Крышка чайника плотно закрывается. Чайник изготовлен из металла.

4. ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ЮНЫХ ФИЗИКОВ

Замечу…, что подавляющее
большинство моих
однопланетников понятия не
имеют о реальных возможностях
этого восьмого чуда света –
Большого Всепланетного
информатория…

А. и Б. Стругацкие. «Жук в муравейнике»

Приведенные в эпиграфе слова, написаны братьями Стругацкими еще в прошлом, 20-ом веке. Теперь такой Большой Всепланетный информаторий создан и называется Интернет. Интернет является глобальной системой и делает человечество планетарным, открытым миром, но миром, в котором каждый может найти свое место.

Надо иметь ввиду, что возможности Интернета колоссальны, но пользоваться ими можно по-разному. Сам выход в Интернет и Ваши профессиональные навыки работы в нем, могут быть направлены по совершенно разным руслам. Например, Вы можете использовать Интернет для подбора материалов к своему реферату по физике, а можете просто «скачать» готовый. Интернет предоставляет обе эти возможности. Так что выбор за Вами.

Первые шаги в Интернете лучше начинать с освоения поисковых систем. Эти системы по выбранной комбинации слов находят сайты, где встречаются эти слова. (Или их комбинации, если они заключены в кавычки.). Правда, начав это делать, Вы обнаружите, что очень часто требуются дополнительные запросы. Например, на запрос по фамилии «Иванов» я получил список из 1612887 страниц. Ясно, что просмотреть все их невозможно. А, например, на фамилию «Тименков» обнаружилось всего 63 страницы. Это уже обозримый список.

Многие научно-исследовательские институты и вузы имеют свои сайты. На них легко выти через поисковые системы. Как правило, здесь можно найти и персоналии, и списки публикаций, и информацию о факультетах и специальностях, правила приема и т.д. Но имейте ввиду, что это не единственный «рецепт» поиска научной группы. Так если Вы попытаетесь найти известную в нелинейной динамике Мэрилендскую группу через ссылку «University of Maryland», то наверняка запутаетесь, так как этот университет более чем обширен. Отметим, наконец, что некоторые сайты имеют свои внутренние поисковые системы.

Многие лицеи и гимназии также имеют свои сайты. Если Вы познакомитесь с ними, то узнаете много интересного. Оказывается, есть лицеи при вузах, а есть и лицеи в системе Российской Академии наук.

Конечно, хорошо создать свой собственный сайт. Но, уверяю Вас, что это не простая задача. Я имею в виду не технику - ею современные школьники зачастую владеют достаточно виртуозно. Важно понять, о чем этот сайт, и что за материал на него помещать. Здесь лучше воспользоваться консультацией своих старших коллег. Стоит заметить, что Ваш сайт должен быть полезен другим. Иными словами он должен предлагать что-то новое Вашим посетителям.

Только Интернет по настоящему сделал человечество планетарным. Интернет позволяет быстро устанавливать связи с близкими Вам по образу мышления и интересам людьми на всей планете, что, вполне возможно, является самым важным достоинством Интернета. Это можно сделать, например, направив письмо авторам понравившегося Вам сайта. Поэтому полезно регулярно просматривать по поисковой системе ссылки на Ваш собственный сайт. Тогда Вы сможете обнаружить, что кто-то, в свою очередь, сослался на Вас, а значит, с этими людьми будет полезно и интересно вступить в контакт.

Далее, в Интернете существует множество электронных библиотек. Среди них есть художественная литература, но встречаются и высококлассные научные библиотеки.

В Интернете много книжных магазинов. Рекомендуем регулярно посещать их и заказывать интересные Вам книжки.

Для интересующихся наукой школьников очень важно, что в Интернете выставлен журнал «Квант», который очень полезен тем, кто интересуется физикой и математикой. Есть и другие научно-популярные журналы.

Интернет позволит Вам создать свою электронную библиотеку, которая будет важна для Вас и полезна. Например, если речь идет о физике, то это могут быть задачники, сборники олимпиадных задач, статьи из «Кванта» и других популярных журналов. Надо четко понимать, что хотя все эти материалы и есть в Интернете, но то, что Вам нравится или необходимо, следует иметь, что называется «под рукой». Кроме того, Интернет динамичен, что недавно было выставлено, вполне может исчезнуть.

Интернет очень многообразен. Если вы интересуетесь не только наукой, но и ее историей, то сможете познакомиться с биографиями великих ученых. Если Вы любите фантастику, то найдете много интересного для себя. Наконец, интересно найти людей, имеющих, такое же, как и у Вас хобби и т.д.

Примеры задач

1. С помощью поисковой системой Яндекс посмотрите свежие новости по теме «Наука».
2. Используя поисковую систему, разыщите сайт «Окно в науку» и познакомьтесь со всеми его подразделами и переходами.
3. Найдите сайты физико-технического лицея и лицея прикладных наук г. Саратова. Что Вам в них понравилось? Что, по вашему мнению, на них можно было бы изменить?
4. Разыщите сайты, посвященные олимпиадным задачам по физике и познакомьтесь с ними. Отдельно разыщите задачи Всероссийских олимпиад по физике.
5. Разыщите в Интернете Заочную нелинейную школу.
6. Используя поисковую систему, выясните, что такое «золотое среднее» (или «золотое сечение»), какие его основные свойства и приложения.
7. Сделайте подборку материалов на тему «спутники Сатурна».
8. Используя возможности сети Интернет познакомьтесь с множеством Мандельброта.
9. Найдите в Интернете задачи Капицы. Познакомьтесь с ними. В чем их отличие от «обычных» задач по физике?
10. Познакомьтесь с «хаотической галереей» известной Мерилендской научной группы (США), ее сайт http://www-chaos.umd.edu.
11. Найдите системы заочного образования для школьников (заочные школы).
12. Найдите сайт, на котором размещены статьи из журнала «Квант». Ознакомьтесь с его структурой, «скачайте» несколько статей, которые интересны для Вас. Посмотрите раздел журнала, касающийся абитуриентов.
13. Аналогично для журнала «Природа».
14. Разыщите книжки из серии «Библиотечка Кванта».
15. Найдите системы дистанционного обучения в сети интернет по физике, математике, информатике.
16. Какие физико-математические школы есть в Челябинске? (Санкт-Петербурге, Москве, Долгопрудном). В чем их особенности? (Подсказка. Можно найти и использовать список победителей Всероссийской олимпиады.)
17. Какие летние физико-математические школы проводятся (проводились) в России?

18. Какие научные конференции для школьников проводятся (проводились) в России? Попытайтесь найти информацию о международных конференциях.
19. Проводится ли и какие интернет-конференции для школьников?
20. Выясните, что такое турнир юных физиков?
21. Выясните правила прием в МФТИ.
22. Кто такой американский физик Митчелл Фейгенбаум и какое открытие он сделал?
23. Что такое реакция Белоусова-Жаботинского? Какова история ее открытия?
24. Что такое «эффект бабочки»?
25. Кто из российских ученых был лауреатом Нобелевской премии?
26. Что такое теория катастроф?
27. Когда была написана книга братьев Стругацких «Жук в муравейнике»?

6. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ

…Оказывается, некоторые из этих ребят занимались прелюбопытными вещами…

А. и Б. Стругацкие

В отличие от обычных школьных задач, исследовательская работа требует своего рода «погружения», постоянных размышлений. Она состоит из поиска, ошибок и открытий, больших и маленьких. Именно поэтому не все, кто блестяще выступал на олимпиадах и даже на уроках, находят себя в научной работе. И, наоборот, многие, кто не блистал на олимпиадах, но склонен к размышлениям и самостоятельной работе, становились выдающимися учеными. Один перечень имен грозит серьезным потрясением учебному процессу, поэтому о персоналиях здесь умолчим. (Я ни коей мере не против олимпиад, но хочу подчеркнуть, что это не единственный и не бесспорный билет на «поезд» в науку.)

Еще одна особенность реальных задач в том, что исследователю не только можно, но и нужно пользоваться учебниками, монографиями, статьями, консультациями, помощью коллег, возможностями сети Интернет. Ведь цель состоит именно ***в получении решения***, а не в тренинге по решению задач с известным ответом! В школе же обычно все иначе. Также в школе никогда (за редким исключением) не учат технологии «мозгового штурма» задачи. Вспомним в связи с этим, хотя бы, полное молчание в аудитории и грозные взгляды учителя во время контрольных работ. А в реальной жизни навыки «мозговой атаки» очень пригодилось бы.

Еще одно отличие школьных задач состоит в том, что их авторы точно знают, как эту задачу решать. (Трудно представить себе, чтобы творилось бы в школе на уроках в противоположном случае.) А вот задачи, которые решают ученые, как раз отличаются тем, что часто не ясно, ни как их решать, ни что получится. (Кстати, иногда ничего. Многие выдающиеся ученые, например физики Альберт Эйнштейн, Игорь Евгеньевич Тамм, химик Дмитрий Иванович Менделеев очень много времени потратили на задачи, которые решить не удалось.) Как не вспомнить здесь следующую цитату из известного произведения братьев Стругацких: ...

«Г-голубчики, - сказал Федор Симеонович озадаченно, разобравшись в почерках. - Это же п-проблема Бен Б-бецалеля. К-калиостро же доказал, что она н-не имеет р-решения. Мы сами знаем, что она не имеет решения, сказал Хунта, немедленно ощетиниваясь. - Мы хотим знать, как ее решать...»

Задачи без заранее известного ее авторам ответа вообще не встречается

в школьных учебниках. Но именно такие задачи учат познавать окружающий мир, устанавливать новые закономерности. При этом, не важно, чтобы тема была амбициозна и грандиозна, важен ***характер*** исследования. Большим мастером составления таких задач был наш выдающийся соотечественник, Нобелевский лауреат Петр Леонидович Капица. Подобные задачи он часто давал на вступительные экзамены в аспирантуру. По воспоминаниям, это «держало в форме» не только претендентов, но и их руководителей, поскольку к ним молодежь бегала за консультациями. (Обязательно найдите список задач П. Л. Капицы в сети Интернет!)

Таким образом, можно и на «школьном» уровне сформулировать задачи, которые были бы близки к характеру работы ученого. Их можно назвать ***исследовательскими*** задачами. Некоторое их количество мы предложим здесь Вашему вниманию. Чтобы подчеркнуть их исследовательский характер, мы дали каждой задаче свое название.

Итак, из приведенных ниже задач для начала нужно выбрать всего одну - ту, которая Вам понравится. На ее решение придется потратить не час и даже не один день. Таким образом, значение имеет ***не число*** решенных задач, а ***глубина*** проработки решения. Такие задачи, можно надеяться, помогут Вам лучше понять науку, как профессию, состоящую в получении новых результатов "своими руками".

И еще одно замечание. Вы можете решать такие задачи не в одиночку – образуйте школьную научную лабораторию, - и вперед, к новым знаниям!

В силу сказанного, не хочется давать подробный пример решения какой-либо задачи. Однако в качестве «подсказки», приведем возможный план исследований одной темы. Пусть она звучит так: «Циклоида. От компьютерного моделирования до изохронного маятника Гюйгенса». Предлагаемый Вам план работы иллюстрирует также роль компьютера в исследованиях в целях моделирования и отображения процессов, а также и для получения информации. Исследовательская работа в целом не сводится только к работе на компьютере, но компьютер помогает «вжиться» в задачу, что очень важно в исследовательской работе. Итак, вот наш план.

- В Интернете или справочнике по математике (может быть придется сходить в библиотеку) найдите математическую формулу, задающую циклоиду.
- Напишите программу, которая рисует циклоиду на экране компьютера.
- Напишите программу, которая демонстрирует катящееся колесо и «высвечивает» траекторию точки на ободе колеса. Рассмотрите случай, когда точка может не лежать точно на ободе. Посмотрите, как траектория при вариации расстояния от точки до обода превращается в

классическую циклоиду.

- Напишите программу, которая строит семейство нормалей к циклоиде. (Уравнение нормали к кривой найдите в справочнике или воспользуйтесь консультацией преподавателя.) Внимательно рассмотрите огибающую семейства нормалей. Какую кривую оно напоминает?
- С помощью Интернета выясните, что такое эволюта и эвольвента и как эти понятия относятся к циклоиде.
- С помощью Интернета соберите максимум информации об изохронном маятнике Гюйгенса. Наряду с другими вариантами, попробуйте поиск по ключевым словам «Маятник Гюйгенса»
- Изготовьте изохронный маятник Гюйгенса в варианте с циклоидальными направляющими и проведите с ним эксперименты. Проверьте, насколько это удастся, изохронность маятника и работоспособность теоретической формулы для периода.
- Найдите в Интернете биографию Гюйгенса и познакомьтесь с ней.
- С помощью Интернета или электронной библиотеки выясните свойство циклоиды, как «брахистохроны» - линии, форма которой такова, что время соскальзывания с данной высоты по данной линии минимальна.
- Изготовьте изохронный маятник Гюйгенса в виде листа жести, изогнутого по циклоиде (брахистохроне), по которой катается шарик. Получите формулу для периода такого маятника (учтите момент инерции шарика!) и сравните с экспериментом.

Итак, особенность задач в этом параграфе в том, что они не имеют строго определенных решений - каждая из них допускает множество подходов и дальнейшее развитие. «Арсенал» Вашего исследования не фиксирован. Используйте теоретические соображения, эксперименты, компьютерное моделирование, по своим наклонностям и возможностям - в тексте даются лишь отдельные советы. Обсуждайте Вашу задачу с другими учениками. Используйте литературу - для решения некоторых задач это полезно, а решение некоторых из них без этого и невозможно. Используйте консультации своих учителей и ученых.

Примеры задач

1. ***Монета на наклонной плоскости.*** Монету на наклонной плоскости толкают параллельно ребру этой плоскости. Исследуйте, как трансформируется траектория скольжения монеты на этой плоскости в зависимости от угла наклона, коэффициента трения, начальной скорости. Проведите также компьютерное исследование и соответствующие эксперименты. Попробуйте провести классификацию возможных траекторий.

2. ***Искажение поверхности океана.*** П.Л. Капица предложил такую задачу: над поверхностью океана помещена материальная точка массы m. Точка располагается на высоте h над невозмущенным уровнем океана. Исследуйте вид возмущенной поверхности воды. Постройте соответствующие «профили» на компьютере. Все ли возможные конфигурации в такой системе можно наблюдать в реалистичных условиях на Земле? Рассмотрите возможные модификации этой задачи, например, случай двух притягивающих центров над водой и др.
3. ***Форма изогнутой линейки.*** Сожмите металлическую линейку, приложив к ее концам некоторое усилие. Какую форму примет слегка изогнутая линейка? Проверьте предположения, что форма линейки задается: а) синусоидой, б) параболой.
4. ***Цепочка с грузиками***. Как надо распределить по цепочке систему грузиков разного размера, чтобы она приняла в поле тяжести форму окружности? Изготовьте такую цепочку и проведите эксперименты
5. ***Катастрофы мыльной пленки.*** Имеются два проволочных кольца с радиусами R и r (рис.7). Выясните, при каких значениях расстояния между кольцами h может существовать мыльная пленка, натянутая одновременно на оба кольца, образуя некоторую фигуру вращения. (Внутри колец пленок нет). Что произойдет с мыльной пленкой, если постепенно увеличивать h? Проведите теоретическое рассмотрение и проделайте соответствующие эксперименты. Продумайте, как экспериментально зафиксировать конфигурацию пленки.

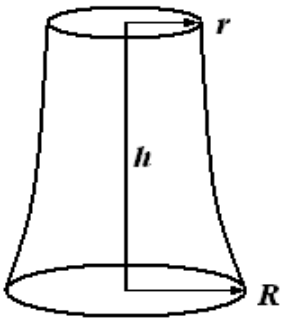


Рис. 7

6. ***Оптические каустики в цилиндрической чашке.*** В цилиндрическом сосуде (например, в чашке с молоком) можно наблюдать яркую линию с еще более ярким острием. Эта линия - каустика - представляет собой огибающую световых лучей, отраженных от цилиндрической поверхности. Проведите теоретическое, экспериментальное и компьютерное исследование такой каустики.
7. ***Случайное блуждание на компьютере.*** Проведите численное моделирование задачи о случайном блуждании на двумерной решетке

размера *N*x*N*, считая: что на каждом шаге по времени частица с равной вероятностью переходит в одно из соседних (по вертикали и горизонтали) узлов или остается на месте. Постройте несколько траекторий. Получите численно оценку среднего времени ухода на расстояние, большее *R*, от точки старта для нескольких различных *R*. Предложите эмпирическую формулу для этой зависимости. Попробуйте исследовать аналогичную задачу в трехмерном пространстве.

8. ***Плавающий шар***. Исследуйте вопрос о глубине погружения шара в жидкость. Проведите эксперименты с разными шариками и жидкостями разной плотности. Результаты экспериментов удобно представить в подходящих безразмерных переменных, в качестве которых могут выступать соответствующие комбинации размерных величин, характеризующих задачу. (Плотность жидкости можно менять, подсыпая в воду соль.) Изучите возможные колебания шара на поверхности воды. Как зависит период от введенных безразмерных параметров? Оцените роль диссипация в системе? Линейны или нелинейные колебания шара?

9. ***Статические и колебательные свойства висящей цепочки.*** Говорят, что если цепочку подвесить за концы, то она примет форму цепной линии. Проверьте это утверждение. Если слегка толкнуть цепочку за концы в горизонтальном направлении и снова зафиксировать их, то возникнут колебания. Попробуйте исследовать эти колебания.

10. ***Вращающаяся цепочка***. Исследуйте устойчивые конфигурации, которые может принимать массивная цепочка, если ее вращать за один конец. Проведите предварительно эксперименты, изготовив цепочку из скрепок. Попытайтесь реализовать соответствующую компьютерную модель.

11. ***Неизохронный маятники.*** Гюйгенс установил, что маленький шарик совершает строго изохронные колебания (т.е. колебания, период которых не зависит от амплитуды), если он движется по циклоиде. Какую форму следует придать поверхности, чтобы колебания шарика соответствовали «потенциальной яме» не с квадратичным минимумом, а с минимумом четвертой степени?

12. ***Радуга.*** Найдите в справочнике данные по коэффициенту преломления света в воде в диапазоне от красного цвета до фиолетового и воспроизведите в цветной графике на компьютере расчет траекторий лучей света в капле воды (теория радуги Декарта). Определите, под какими углами по отношению к направлению на солнце наблюдатель увидит красное и фиолетовое кольца радуги. Попробуйте провести аналогичное исследование для капли несферической формы.

13. ***Поющая бутылка.*** Известно, что если дуть в горло бутылки, то бутылка будет издавать звук определенной частоты («гудеть»).

Определите, от каких параметров бутылки зависит высота издаваемого тона (т.е. частота звука). Проведите эксперименты с различными бутылками и пузырьками. Проверьте найденную зависимость экспериментально. (Для этого Вам скорее всего понадобится пианино и, возможно, консультация человека, получившего музыкальное образование.)

14. ***Моделирование линзы.*** Напишите программу, моделирующую прохождение света через толстую линзу. При построении хода лучей пользуйтесь законами преломления, а не свойствами тонкой линзы. Рассмотрите прохождение пучка лучей через толстую линзу. Сравните полученную картину с известной из курса физики. Исследуйте, как зависит ход лучей от параметров линзы.

15. ***Бильярд.*** Напишите программу, моделирующую движение шарика в замкнутой области, считая все удары о стенки абсолютно упругими. Рассмотрите движение в областях различной формы. (Квадрат, эллипс, прямоугольник и т.д.) Попробуйте выявить какие-то закономерности в динамике частицы. Организуйте поиск в сети Интернет по проблемам бильярдов. (Это весьма обширная область статистической физики и нелинейной динамики).

16. ***Качалка.*** В теории катастроф очень популярна модель, известная как качалка (рис. 8). Рассмотрите параболическую качалку, форма нижней поверхности которой задана уравнением $y=x^2$. Исследуйте проблему устойчивости такой системы. Ознакомьтесь с теорией качалки (Постон и Стюарт, Теория катастроф), связывающей проблему ее устойчивости с построением огибающей семейства нормалей. Проведите компьютерное моделирование семейства нормалей. Изготовьте качалку из картона, проведите эксперименты с ней и сравните с результатами компьютерного моделирование. Реализуйте ту же программу исследований для качалки в форме эллипса.

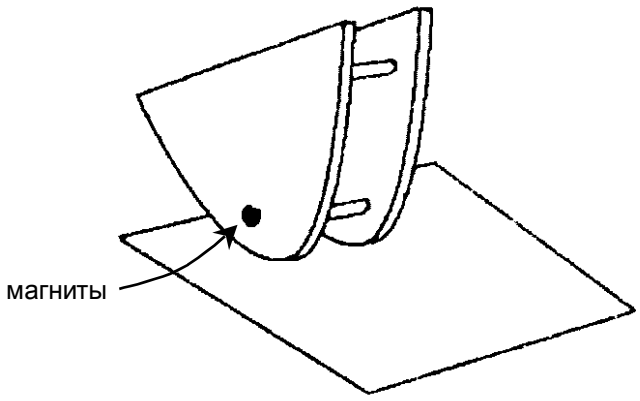


Рис. 8.

17. ***Прыжок с гирями.*** Известно, что древнегреческие атлеты прыгали в длину с гирями. Бросая их в определенный момент, они увеличивали дальность прыжка. Попробуйте определить, в какой момент и как нужно отбросить гири, чтобы максимально увеличить дальность прыжка.

18. ***Неваляшка (Ванька-Встанька)***. Рассмотрим «модель» этой известной игрушки в виде цилиндра со смещенным центром тяжести. Если такой цилиндр положить на плоскую поверхность, то он имеет два положения равновесия: устойчивое (центр тяжести занимает наинизшее положение) и неустойчивое (центр тяжести занимает наивысшее положение). Исследуйте, какие положения равновесия будет иметь этот цилиндр, если его положить на выпуклый (или вогнутый) полуцилиндр (большего радиуса). Что будет происходить при выведении цилиндра из положений равновесия?

19. ***«Падающее домино».*** Составим из костей домино цепочку, поставив их на меньшую грань на равном расстоянии друг от друга. Если толкнуть первую кость, то, падая, она толкнет вторую и т.д. Исследуйте процесс распространения такой «волны». В частности, определите, зависит ли (и если да, то как) время падения всей цепочки от расстояния между костями, количества костей, силы толчка первой кости, других параметров. Проведите эксперимент. Попробуйте сделать теоретический расчет и сравнить результаты**.** ***Примечания***: 1. Лучше использовать детское домино (с костями большого размера). 2. Для измерения времени, скорее всего, понадобится более точный прибор, чем часы с секундной стрелкой.

20. ***Маятник с переменной массой.*** Изготовьте маятник из сосуда, в который можно наливать виду (например, из бутылки). Изучите зависимость периода колебаний маятника от массы налитой в бутылку воды. Попробуйте построить такой график теоретически. Сначала, считайте маятник математическим с длиной, равной расстоянию до центра масс системы, затем – физическим. Сравните результаты двух теорий и эксперимента.

21. ***Компьютерная реализация принципа Гюйгенса.*** Принцип Гюйгенса состоит в том, что волновой фронт, испущенный поверхностью, можно найти как огибающую множества сферических (на плоскости круговых) фронтов, испущенных каждой точкой излучающей поверхности. Реализуйте компьютерную иллюстрацию принципа Гюйгенса для эллипса. Попробуйте выполнить компьютерную мультипликацию распространяющегося фронта и обсудите его форму. Попробуйте в качестве излучающей поверхности взять другие гладкие кривые.

8. АНОНС НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

Предлагаем Вашему вниманию возможный вариант объявления и правила оформления докладов на гипотетическую научную конференцию. (Еще раз подчеркнем, что здесь все даты и названия условные.)

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Лицей физики

при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований проводят Всероссийскую научную конференцию "ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ». Конференция будет проходить с 20 по 25 января в помещении Лицея физики г Саратова (ул. Научная, д.3) В ее работе примут участие школьники из школы им. Колмогорова Московского госуниверситета, лицея НОЦ Института прикладной физики РАН, Нижний Новогород, лицея 363 г. Москва и др. На конференции с пленарными лекциями вступят известные специалисты и популяризаторы науки в области компьютерных исследований. Будут представлены доклады молодых исследователей, учащихся школ, гимназий и лицеев. Подробности можно найти на сайте www.konf.ru

Правила подачи заявки на Всероссийскую конференцию

Для участия во Всероссийской школе-конференции необходимо представить текст научного сообщения объемом от 4 до 10 страниц текста, включая иллюстрации. Желательно использование текстового редактор MS WORD. Образец оформления прилагается. Текст должен быть подписан автором (авторами) и научным руководителем. Призеры конференции прошлого года подают лишь заявку, содержащую название доклада, авторов и научного руководителя и сведения об авторе.

Порядок представления материалов

Доклады **до 1 декабря 2005 г.** могут быть

- сданы непосредственно в учительскую Лицея физики г Саратова (ул. Научная, д.3, 2-ой этаж)
- отправлены по почте по адресу 410012, Саратов, ул. Научная, д.3, Лицей физики (с пометкой "Конференция»)
- для иногородних участников могут быть отправлены по электронной почте start@inform.ru с указанием темы «Конференция».

К заявке должен быть приложен лист со сведениями об авторе – Фамилия, имя отчество, школа, почтовый адрес для переписки, электронный адрес (если есть), телефон (если есть).

Образец оформления доклада

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

Ильин С.П.

Физико-технический лицей № 1, г. Саратов

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование маятников различной природы. Математический маятник, как известно [1]...

ЛИТЕРАТУРА

1. П.Берже, И.Помо, К. Видаль. Порядок в хаосе - М. Мир, 1991, 368 с.

Научный руководитель: преподаватель ФТЛ № 1 г. Саратова Иванов Андрей Семенович

Подпись автора, подпись научного руководителя.

ГЛАВА 3. ФИЗИКА ДЛЯ ЛИЦЕЯ

В первой главе уже были сделаны некоторые комментарии к программе по физике для лицея. Здесь добавим, что определенная видимая «перегрузка» программы для 11-го класса объясняется тем, что предлагаемая программа разработана для системы непрерывного образования. При этом высвобождалось значительное время за счет повторения материала, часто нацеленного в физико-математических школах на выпускные экзамены и подготовку в вуз.

Два слова о реализации программы. Программа для 8-го и 9-го классов была полностью, а для 10-го класса практически полностью реализованы. Что касается программы для 11-го класса, то в силу специфики Саратовского лицея прикладных наук значительная часть материала, касающаяся колебаний и волн, излагалась в курсе «Синергетика. Колебания и волны». Полностью избавиться от необходимости интенсивного повторения в 11-ом классе также не удалось. Тем не менее мне все же хотелось здесь привести самосогласованную программу, отвечающую первоначальному замыслу.

Осталось оговорить, что программа рассчитана на 6 часов физики в неделю и была «подкреплена» еще и спецкурсами.

Благодарю многих коллег, преподавателей лицея и университета, с которыми вместе довелось работать в колледже (лицее) прикладных наук.

8 КЛАСС

ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФИЗИКИ

Физика - наука об окружающем мире. Структура физики. «Орудия» физики. Кто создает физику?

Физические величины. Числа в физике. Большие и малые числа в физике. Порядки величин. Оценки физических величин.

Время и его измерение. Первые "часы" Галилея. Периодические процессы в окружающем мире. Единицы измерения времени. Большие и малые времена в природе. Стробоскоп.

Пространство и его измерение. Единицы длины. Измерение расстояний. Большие и малые расстояния в окружающем мире. Измерение площадей и объемов.

Масса и ее измерение. Единицы массы. Весы. Плотность. Характерные массы окружающих нас тел.

Размерности физических величин. Основные и производные размерности. Системы единиц. Система CML. Понятие о методе размерностей.

Физические явления. Качественное описание физического явления. Картина физического явления.

Математический аппарат физики. Преобразование алгебраических выражений в физике. Физический анализ выражения, полученного математическими методами. Уравнения и системы уравнений при решении физических задач. Функции в физике. Графики функций. Прямая пропорциональность. Линейная функция. Кусочно-линейная функция. Степенной закон.

О точности измерения. Достоверные цифры. Абсолютная и относительная погрешности. Средние значения.

МЕХАНИКА

Кинематика

Положение и перемещение вдоль линии. Отличие координаты тела и пройденного пути. Анализ графика зависимости координаты тела от времени.

Скорость равномерного движения. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Знак скорости и правила обращения с ним. Наклон касательной к графику зависимости координаты от времени и величина скорости. Построение графика скорости. Площадь под кривой графика скорости и ее связь с перемещением.

Ускорение. Основные соотношения для движения с постоянным ускорением.

Движение на плоскости и в пространстве. Положение и перемещение на плоскости и в пространстве. Координаты. Вектора.

Сложение и вычитание перемещений. Умножение вектора на число. Проектирование векторов на оси координат. Компоненты вектора. Проектирование векторных соотношений на оси координат.

Вектор скорости. Вектор ускорения.

Системы отсчета. Переход от одной системы отсчета к другой. Движущиеся системы отсчета. Переход в систему отсчета, движущуюся с постоянной скоростью.

Движение по окружности. Угол поворота (угловое перемещение).

Угловая и линейная скорость. Ускорение при движении по окружности. Центростремительное ускорение.

Движение тел в однородном поле тяжести. Движение тела, брошенного вертикально вверх. Принцип обратимости движения.

Движение тела, брошенного горизонтально. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение тела, брошенного под углом к горизонту с горы. Уравнение траектории тела при движении в однородном поле тяжести.

Динамика материальной точки

Принцип относительности Галилея. Инерциальные системы отсчета. Системы отсчета, в которых нарушается принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона.

Тела и их окружение. Материальная точка. Взаимодействие тел. Ускорение тел при их взаимодействии. Сила. Второй закон Ньютона. Измерение сил (динамометр).

Взаимодействие двух тел. Действие и противодействие. Третий закон Ньютона.

Решение динамических задач. Научимся рисовать силы, действующие на тело.

Тело на наклонной плоскости. Сила, действующая на тело на наклонной плоскости и ее компоненты. "Скатывающая сила". Сила нормального давления.

Два груза на блоке.

Физические идеализации и физические модели. Что такое "невесомая нить", "невесомый блок"? Оценки, как инструмент анализа эффективности модели.

Динамика движения по окружности. Центростремительная сила как компонента равнодействующей силы, направленная к центру вращения.

Конический маятник.

Силы в природе

Гравитация. Закон всемирного тяготения. Постоянная всемирного тяготения, ее размерность. Масса Земли.

Как применить закон всемирного тяготения для тел конечного размера? О векторном характере закона. Притяжение материальной точки к массивному шару.

Понятие поля. Сила тяжести. "Однородность" поля тяжести у поверхности Земли. Вычисление величины ускорения свободного падения с помощью закона всемирного тяготения. Сила тяжести на других планетах.

Искусственные спутники Земли. Движение по круговой орбите. Первая космическая скорость.

Гравитационная сила во Вселенной. Движение планет по эллипсам.

Сила упругости. Природа силы упругости. Закон Гука. Коэффициент упругости. Шарик на пружине, висящий в поле тяжести. Параллельное и последовательное соединение пружин.

Коэффициент жесткости для стержней. Модуль Юнга. Скорость звука в упругих телах (из соображений размерности). Колебания шарика на пружине (из соображений размерности).

Всегда ли выполняется закон Гука? Пластические деформации. Нелинейность пружины.

Сила сухого трения. Трение покоя. Трение скольжения. Направление силы трения. Законы Кулона-Амонтона. Условие начала скольжения тела на наклонной плоскости. Движение тела по наклонной плоскости при наличии силы трения. Всегда ли выполняются законы Кулона-Амонтона? Зависимость силы трения от скорости.

Динамика системы материальных точек

Центр масс. Определение центра масс с помощью векторного соотношения. Центры масс простейших тел.

Теорема о движении центра масс системы тел или тела сложной формы. Внешние и внутренние силы. Замкнутая механическая система тел.

Законы сохранения

Импульс материальной точки. Импульс силы. Формулировка второго закона Ньютона в терминах импульса.

Импульс механической системы. Закон сохранения импульса.

Реактивное движение.

Механическая работа. Вычисление работы в случае, если направление силы и перемещение не совпадают. Понятие о скалярном произведении.

Мощность. Выражение для мощности через скорость и действующую на тело силу.

Консервативные силы. Работа силы тяжести. Работа силы упругости.

Неконсервативные силы. Работа силы трения.

Кинетическая энергия материальной точки. Кинетическая энергия механической системы.

Потенциальная энергия. Потенциальная энергия материальной точки в однородном поле тяжести. Потенциальная энергия тела конечных размеров в однородном поле тяжести, роль центра масс.

Потенциальная энергия сжатой пружины.

Полная механическая энергия системы. Закон сохранения энергии для замкнутой консервативной механической системы. Его применение для описания колебаний груза на пружине. Взаимное превращение кинетической и потенциальной энергии в процессе колебаний.

Закон сохранения энергии для незамкнутой консервативной механической системы. Его применение для задачи о движении тела в однородном поле тяжести. Превращения энергии при движении в поле тяжести.

Диссипация энергии в неконсервативных системах. Задача о тормозном пути автомобиля.

Энергия системы движущихся тел (теорема Кенига).

"Энергетический" метод решения задач. Выбор состояний механической системы, удобных для применения законов сохранения.

Столкновение тел. Физическая процессы при соударения двух тел. Упругий и неупругий удар. Центральный и нецентральный удар. Вычисление скоростей двух тел при центральном упругом ударе. Вычисление скоростей двух тел при центральном неупругом ударе. Количество энергии, перешедшее в тепло при неупругом ударе.

Качественный анализ физических соотношений на примере задачи о соударении двух тел. Предельные переходы (случай одного неподвижного тела, случай тел одинаковой массы, удар тела о массивную плиту, удар массивой плиты о тело и др.) Нецентральный удар упругих тел.

Доказательство разлета тел одинаковой массы под прямым углом.

Элементы статики

Равновесие тел. Равновесие не вращающихся тел. Равновесие тел с закрепленной осью. Вращающий момент. Правило моментов. Пара сил.

Условия равновесия тел. Опрокидывание тел на наклонной плоскости. Критическое состояние и роль центра масс.

Понятие об устойчивости равновесия. Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие.

9 КЛАСС

МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕИ И ГАЗОВ

Гидростатика (повторение). Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условия плавания тел.

Движение жидкости. Поле скоростей в движущейся жидкости. Трубки тока. Условие несжимаемости при движении жидкости по трубе. Закон Бернулли. Парадокс Даламбера. Формула Торичелли.

Вязкость жидкости. Коэффициент вязкости. Движение тел в жидкости с малой скоростью, формула Стокса (из соображений размерности). Падение шарика в вязкой жидкости. Движение тел с "умеренными" скоростями, формула Ньютона.

Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Картина обтекания кругового цилиндра. Вихревая дорожка Кармана. Число Рейнольдса. Подобие при обтекании тел. Число Рейнольдса.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Электрические явления. Электрические заряды. Элементарные заряды. Закон Кулона. Единицы электрического заряда в системе СИ.

Движение электрических зарядов. Электрический ток. Проводники и диэлектрики.

Сила тока, напряжение, сопротивление. Закон Ома для участка цепи.

Вольтметр и амперметр. Схемы их подключения..

Параллельное и последовательное соединение двух и более проводников. Расчет сопротивления электрических схем путем сведения к комбинации этих соединений.

Реостаты.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА И ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Основные понятия термодинамики

Тепловые явления в природе. Ранние теории теплорода. Эмпирическая температура. Термометры.

Тепловое равновесие. Несохранение механической энергии. Наблюдения Румфорда и опыты Джоуля. Внутренняя энергия как энергия движения молекул.

Количество теплоты. Калория.

Выделение тепла при горении. Удельная теплота сгорания топлива.

Теплообмен. Удельная теплоемкость тел. Уравнение теплового баланса.

Агрегатные состояния вещества. Переходы твердое тело – жидкость - газ. Удельная теплота парообразования. Удельная теплота плавления.

Молекулы

Молекулы. Оценки характерных молекулярных масштабов. Размер и масса молекул. Метод тонких масляных пленок. Оценки, основанные на законах Авогадро. Количество молекул в макроскопических телах.

Движение молекул. Диффузия. Броуновское движение. Экспериментальное определение характерных скоростей молекул газа методом молекулярных пучков (опыты Штерна).

Взаимодействие молекул. Графики потенциальной энергии, их качественный анализ, "потенциальная яма". Роль взаимодействия молекул в газах, жидкостях и твердых телах.

Модели и структура вещества

Общая характеристика свойств газов, жидкостей и твердых тел.

Упорядоченная плотная упаковка шаров как модель твердого тела. Упаковки на плоскости. Гексагон. Объемные упаковки шаров: простая кубическая, объемоцентрированная, гексагональная, границентрированная. Характеристики упаковок: коэффициент упаковки и число ближайших соседей.

Модели жидкости. Модельные эксперименты Бернала и Скотта. Ближний и дальний порядок. Объяснение изменения объема тел при плавлении с помощью моделей твердых шаров. Идеи Я.И.Френкеля.

Модель "идеального газа".

Твердое тело

Кристаллы. Кристаллическая решетка и ее простейшие свойства. Типы кристаллов (ионные, атомные, металлические, молекулярные).

Монокристаллы и поликристаллы.

Тепловое движение в кристаллах. Тепловое расширение твердых тел. Механизм теплового расширения твердых тел. Коэффициенты линейного и объемного расширения и их связь.

Нестационарные и стационарные тепловые процессы.

Теплопроводность. Поле температур. Коэффициент теплопроводности. Поток тепла через плоский слой вещества при наличии перепада температур. Закон Фурье.

Дефекты в кристаллических решетках. Макроскопические дефекты. Трещины. Микроскопические дефекты. Точечные дефекты: вакансии, замещение, внедрение. Дислокации: краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в процессе роста кристаллов.

Механические свойства кристаллов. Упругие деформации (повторение). Пластические деформации. Молекулярная картина пластического сдвига.

Разрушение твердых тел. Молекулярная картина разрушения Эффект Иоффе. "Идеальные" нитиевидные кристаллы.

Жидкости

Тепловое расширение жидкости. Тепловое движение молекул в жидкости.

Поверхностный слой жидкости. Энергия свободной поверхности. Поверхностное натяжение. Сила поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа и ее следствия для сферической и цилиндрической поверхностей. Избыточное давление в пузыре.

Капиллярность. Высота подъема жидкости в капилляре. Капиллярность в природе.

Конвекция в жидкости. Образование структур при термоконвекции. Ячейки Бенара.

Газы

Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа, полученное статистическими методами. Температура идеального газа с точки зрения статистической физики. Уравнение Менделеева-Клапейрона.

Частные случаи уравнения состояния идеального газа. Изотермический, изобарический, изохорический процессы. Уравнения Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля.

Научимся рисовать процессы с газами на диаграммах. PV-, PT-, TV-диаграммы. Переход от одной диаграммы к другой.

Смеси газов. Закон Дальтона.

Равномерное распределение кинетической энергии по степеням свободы. Одноатомные и многоатомные газы.

Термодинамика

Первое начало термодинамики.

Применение методов термодиамики для описания идеального газа. Работа газа и ее связь с площадью под кривой на P, V диаграмме. Как с помощью P, V диаграммы сказать, получает или отдает газ тепло?

Теплоемкости идеального газа при постоянном объеме и при постоянном давлении и их связь. Теплоемкость многоатомных газов.

Адиабатический процесс. Адиабата на P, V диаграмме.

Обратимые и необратимые тепловые процессы. Второе начало термодинамики.

Цикл Карно. Кпд идеального теплового двигателя.

Энтропия в термодинамике.

Фазовые переходы

Что такое фаза вещества?

Фазовые диаграммы. Примеры фазовых диаграмм (вода, сера).

Тройная точка. Критическая точка.

Кристаллические модификации. Полиморфизм.

Краткая характеристика переходов кристалл-жидкость, жидкость-пар, кристалл-пар, кристалл-кристалл. Изменение порядка при переходах кристалл-кристалл.

Изотермы реального газа (система жидкость-пар). Критическая точка системы жидкость-пар. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Насыщенный и ненасыщенный пар. Влажность воздуха. Относительная и абсолютная влажность.

Тепловое излучение

Передача тепла за счет излучения. Равновесное излучение в полости. Абсолютно черное тело. Температура излучения. Закон Стефана-Больцмана.

УГЛУБЛЕННОЕ ПОВТОРЕНИЕ КУРСА МЕХАНИКИ

10 КЛАСС

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электростатическое поле

Электрический заряд. Взаимодействие электрических зарядов. Закон Кулона. Единицы заряда в системах СИ и СГС.

Элементарный электрический заряд. Электроны и протоны. Оценка относительной "силы" электрического и гравитационного взаимодействия элементарных частиц.

Электростатическое поле. Напряженность поля. Графическое изображение векторного поля. Силовые линии.

Принцип суперпозиции.

Потенциал электростатического поля. Графическое изображение скалярного поля. Эквипотенициали. Связь между напряженностью поля и разностью потенциалов для однородного поля и в общем случае.

Проводники в электрическом поле.

Диэлектрики в электрическом поле. Приближенное описание поля в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость.

Теорема Остроградского-Гаусса. Поле и потенциал внутри и вне заряженной сферы, внутри и вне равномерно заряженного шара, поле и потенциал бесконечной пластины.

Аналогия между электростатическим и гравитационным полем. Потенциал гравитационного поля.

Энергия системы электростатических зарядов. Плотность энергии электростатического поля.

Электрическая емкость. Емкость сферы. Емкость плоского конденсатора. Энергия конденсатора.

Движение электрического заряда в однородном электрическом поле. Аналогия с движением тела в поле тяжести.

Магнитное поле

Движение электрических зарядов. Электрический ток. Сила тока. Единицы электрического тока.

Магнитное поле. Вектор магнитной индукции.

Картина силовых линий магнитного поля. Теорема о циркуляции магнитного поля. Магнитное поле прямого провода. Магнитное поле катушки с током (соленоида).

Плотность энергии магнитного поля.

Сила Лоренца. Направление и величина силы Лоренца. Понятие о векторном произведении. Вычисление силы, действующей на проводник с током.

Движение заряда в однородном магнитном поле. Движение заряда в электрическом и магнитном полях.

Магнитное поле в веществе. Магниты.

Электромагнитное поле

Магнитный поток. Электромагнитная индукция. Правило Ленца.

Самоиндукция. Индуктивность.

Система уравнений электромагнитного поля. Ток смещения.

Излучение электромагнитного поля ускоренно движущимся зарядом.

Понятие о преобразовании полей (электрического в магнитное и наоборот) в движущихся системах отсчета.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Цепи постоянного тока

Проводники электрического тока. Напряжение и сила тока в цепи. Вольтметры и амперметры. Закон Ома для участка цепи (повторение).

Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

Параллельное и последовательное соединение проводников (повторение). Расчет полного сопротивления участка цепи. Методы расчета сопротивления сложных цепей (использование симметрии и т.д.)

Законы Кирхгофа.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

Переходные процессы в электрических цепях

Конденсатор, замкнутый на сопротивление. Дифференциальное уравнение, описывающее разряд конденсатора, и его решение. Графики зависимости тока и напряжения в цепи от времени. Диссипация энергии в системе.

Соленоид, замкнутый на сопротивление. Дифференциальное уравнение, описывающее динамику тока в соленоиде, и его решение. Графики тока и напряжения в цепи в зависимости от времени.

Цепи переменного тока

Переменный электрический ток. Амплитуда и действующее значение напряжения и тока. Комплексные амплитуды тока и напряжения.

Активное сопротивление в цепи переменного тока.

Конденсатор в цепи переменного тока. Емкостное сопротивление.

Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление.

Закон Ома для участка цепи переменного тока. Комплексный импеданс цепи.

Мощность в цепи переменного тока.

Трансформатор.

Нелинейные цепи

Понятие о линейных и нелинейных элементах. Лампа накаливания. Диод как нелинейный элемент. Вольт-амперная характеристика диода. Нелинейные емкости и индуктивности.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Световые лучи. Фотометрия. Световой поток. Сила света. Освещенность. Условие применимости геометрической оптики.

Законы отражения света. Построение изображения в плоском зеркале. Сферическое зеркало. Формула сферического зеркала. Построение изображения в сферическом зеркале. Увеличение.

Преломление света. Полное внутреннее отражение. Ход лучей в плоскопараллельной пластине и в треугольной призме.

Преломление на сферической поверхности. Линза. Фокусное расстояние тонкой линзы. Построение изображения в линзе. Линейное увеличение.

11 КЛАСС

КОЛЕБАНИЯ

Маятник. Малые и "большие" колебания. Изохронность и неизохронность.

Примеры колебательных систем. Грузик на пружинке. Математический маятник. Колебательный контур. Акустический резонатор Гельмгольца.

Дифференциальное уравнение движения малых колебаний маятника, грузика на пружинке, колебательного контура, акустического резонатора.

Одинаковые уравнения - одинаковые решения. Представление об осцилляторе. .Амплитуда и частота колебаний.

Решение уравнения маятника без затухания, отклоненного на угол и отпущенного без начальной скорости. Решение уравнения для маятника, получившего толчком скорость в положении равновесия.

Принцип суперпозиции для малых колебаний. Общее решение, описывающего свободные колебания при произвольных начальных условиях. Запись решения в виде одного гармонического члена. Фаза колебаний.

Энергия в колебательных задачах. Зависимость потенциальной энергии колебательной системы от координаты. "Потенциальная яма". Превращения энергии при колебаниях. Энергетический способ определение частоты колебаний осциллятора, примеры.

Комплексные амплитуды. Решение задачи о колебаниях маятника методом комплексных амплитуд.

Колебательный контур с потерями. Уравнение осциллятора с затуханием. Решение задачи о затухающих колебаниях методом комплексных амплитуд. Случаи "периодического" и "апериодического" затухания. Закон спадания амплитуды колебаний. Декремент затухания.

Воздействие внешней периодической силы на осциллятор. Вынужденное решение. Амиплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.

Параметрическое воздействие на осциллятор. Параметрическая неустойчивость. Задача о мальчике на качелях.

Связанные маятники. Симметричная и антисимметричная моды колебаний. Частоты нормальных мод.

Нелинейность. Сильная и слабая нелинейность. Понятие об основных эффектах, к которым приводит нелинейность - неизохронность, мультистабильность, генерация высших гармоник.

Автоколебания. Часы. Генераторы электромагнитных колебаний.

ВОЛНЫ

Волны в природе. Акустические волны. Волны на поверхности воды. Радиоволны. Свет.

Простейшие модельные волновые системы. Цепочка связанных маятников. Струна.

Волновые уравнения. Примеры.

Плоские одномерные волны. Выражение для волнового поля.

Комплексное представление волнового поля. Амплитуда и фаза волны. Длина волны и волновое число. Частота колебаний волнового поля.

Скорость распространения волны. Скорость звука в твердом теле, скорость поверхностных волн на воде (из соображений размерности). Скорость света.

Фазовая и групповая скорости.

Поперечные и продольные волны. Поляризация.

Плоская волна в пространстве. Волновой вектор. Сферическая, цнилиндрическая волна.

Излучение волн. Излучение акустических, электромагнитных волн, света. Антенны. Излучение волн движущимся источником.

Колебания ограниченных волновых систем. Волны на струне с закрепленными концами. Стоячие волны. Понятие о модах системы.

Принцип суперпозиции для линейных волн.

Интерференция волн. Интерференция волн, посылаемых двумя точечными источниками. Интерференционная картина и ее математическое описание. Кольца Ньютона.

Дифракция волн. Дифракционные решетки.

Цвет. Дисперсия света.

Понятие о нелинейных волах. Ударные волны. Солитоны. Нелинейная оптика.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Основные понятия квантовой теории

Порядки величин, связанные с квантовыми явлениями.

Волна де Бройля. Интерференция на двух отверстиях. Как ведут себя классические частицы, волны и квантовые частицы в интерференционных опытах.

Волновая функция и ее вероятностная интерпретация.

Принцип суперпозиции. Принцип неопределенности.

Уравнение Шредингера - закон движения квантовых систем.

Квантовая частица в прямоугольной потенциальной яме. Уровни энергии. Квантование энергии.

Туннельный эффект.

Переход от квантового описания к классическому. Принцип соответствия.

Понятие о спине.

Атомы и ядро

Атом водорода. Энергия основного состояния. О природе вырождения энергетических уровней. Роль симметрии. Квантовое объяснение спектров излучения атома водорода.

Представление о строении атома. Периодическая таблица Менделеева.

Устройство ядра. Естественная радиоактивность.

Ядерные реакции. Цепная реакция. Атомный взрыв. Энергия звезд.

Конденсированное состояние

Металлы. Простейшая модель металла - система невзаимодействующих электронов в замкнутом объеме. Электрическое сопротивление, как квантовое явление!

Свет с точки зрения квантовой физики. Фотоэффект. Спонтанное и индуцированное излучение. Лазеры и мазеры.

Полупроводники. Элементарные возбуждения в твердом теле. Электронная и дырочная проводимость.

Магнетизм. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Сверхтекучесть. Сверхпроводимость.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ

Классические представления о пространстве и времени.

Принцип относительности. Опыт Майкельсона.

Относительность одновременности. Относительность расстояния. Относительность промежутков времени. Парадокс близнецов.

Релятивистский закон сложения скоростей.

Зависимость массы от скорости. Релятивистская динамика.

Принцип эквивалентности Эйнштейна.

Теория гравитации.

ПЕРВОМАТЕРИЯ

Элементарная частица. Как наблюдают элементарные частицы. Как создают элементарные частицы.

Что удерживает частицы ядра вместе? Сильные взаимодействия. Слабое взаимодействия. Странные частицы. Симметрия. Кварки.

БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

Экспериментальные данные, свидетельствующие о Большом взрыве. Реликтове излучение. Разбегание галактик. Постоянная Хаббла. Оценка возраста Вселенной.

Эволюция Вселенной. Характерные времена. Последовательное разделение взаимодействий. Образование элементарных частиц.

Структуры во Вселенной. Крупномасштабные структуры. Гипотезы об образовании структур.

Примеры задач

В этом разделе мы приведем один пакет задач для 8-го класса полностью, так как если в предыдущих разделах важным была суть задач, то здесь очень важным является их ***комплект.*** Мы выбрали первую четверть, так как в соответствии с нашей программой она относится к введению в физику и наиболее нетривиальна. Пакеты по традиционным разделам, такими как кинематика, динамика и т.д. подобрать существенно проще, хотя и требует определенных усилий, связанных, в первую очередь, с логичным и полноценным выстраиванием курса физики.

1. Запишите следующие числа, выделив соответствующие степени числа 10: 10000000, 0,0001, 0,000025, 243700.
2. Выполните следующие действия, представив результат в принятой у физиков форме:

   $10^8 \cdot 10^8 =$

   $10^8 + 10^8 =$

   $10^{15} \cdot 10^{-14} =$

   $10^{15} : 10^{-14} =$

   $190000 =$

   $0{,}000025 =$

   $(5 \cdot 10^4) \cdot (3 \cdot 10^7) =$

   $5000 \cdot 10^4 - 2000 \cdot 10^7 =$

   $2700000000 \cdot 0{,}0002 =$

   $(4 \cdot 10^{15}) \cdot (3 \cdot 10^{-7}) \cdot (2 \cdot 10^{12}) =$

   $(3 \cdot 10^7 \text{ м/с}) : (2 \cdot 10^3 \text{ с}) =$
3. Оцените порядки математических выражений:

   а) $\frac{8{,}51 \cdot 3.2}{345}$;

   б) $\frac{(9{,}3 \cdot 10^{11})(3{,}8 \cdot 10^{-7})}{0{,}0078}$;

   в) (6521+17)(821+3·(5-8)/2,1);

   г) $\sqrt{5}$;

   д) $\sqrt{6437}$;

   е) $\sqrt{3{,}2 \cdot 10^{11}}$.
4. Сколько метров содержится в миллиметре? Сколько сантиметров в километре? Сколько секунд в часе? Сколько граммов содержит литр воды? Сколько миллилитров содержит один кубометр? Сколько микрофарад содержится в милифараде? Что больше - килотонна или мегаграмм?
5. Оцените массу воды, которая может заполнить объем, равный объему классной комнаты.
6. Оцените давление, оказываемое стоящим человеком на поверхность Земли.
7. Оцените давление на дне Марианской впадины.

8. Оцените выталкивающую силу, действующую на кирпич, находящийся в воде.
9. Оцените число капель в полностью наполненной ванне.
10. Приведите примеры периодических процессов в окружающем мире. Какие из них можно использовать для создания часов?
11. Проверьте ваше чувство времени и попробуйте оценить промежутки времени в 30 секунд и 5 минут. Определите ошибки в каждом случае.
12. Понаблюдайте дома за механическими часами и оцените, сколько раз они тикают в течение суток.
13. Оцените время, за которое солнечный свет проходит через стекло.
14. Оцените число секунд, прошедшее с момента возникновения Вселенной в результате Большого Взрыва.
15. Пуля летит в темноте со скоростью 1 км/с. Сколько раз в секунду должна производиться вспышка света, чтобы на фотографии можно было бы получить изображения пули, отстоящие друг от друга на расстоянии 10 см?
16. Выберите какую-нибудь произвольную единицу длины, например, длину первого сустава большого пальца или длину ногтя. Пользуясь такой единицей, нанесите шкалу на край листа бумаги. С помощью полученной "линейки" определите длину и ширину страницы школьной тетради и отношение измеренных величин. В каких единицах выражено это отношение?
17. Попробуйте измерить высоту пятиэтажного дома. Для этого отойдите на такое расстояние, что карандаш на вытянутой руке будет казаться вам того же размера, что и высота дома. Измерив расстояние до дома в шагах, длину вытянутой руки и длину своего шага, определите высоту дома.
18. Переведите 1345 км в метры, сантиметры, миллиметры. Используйте принятую в физике форму записи!
19. Какого порядка самое большое известное вам расстояние? Какого порядка самое маленькое известное вам расстояние?
20. Какие приборы можно использовать для измерения больших и малых длин?
21. Оцените расстояние, которое пройдет человек, сделав миллион шагов.
22. Как можно определить объем тела сложной формы?
23. Как можно определить площадь фигуры сложной формы?
24. Выразите 12 мм в кубических сантиметрах, кубических метрах, кубических километрах, литрах, кубических футах.

25. Радиус Меркурия в раз меньше радиуса Земли. Во сколько раз площадь поверхности и объем Меркурия меньше, чем у Земли?
26. Приведите примеры двух тел, массы которых отличаются на три порядка.
27. Что больше: отношение массы Солнца к массе Земли или отношение массы молекулы кислорода к массе электрона?
28. Плотность пробки в 4 раза меньше плотности воды. Могли бы вы поднять шар из пробки диаметром 1 м?
29. Что больше - плотность отдельного зерна или средняя плотность зерна в куче?
30. Оценим некоторые параметры нашей планеты. Оцените площадь поверхности Земли. Оцените объем земного шара. Считая, что вся Земля сложена из тех же пород, что и на поверхности, оцените массу Земли. Оцените массу воды в океане. Радиус Земли 6400 км.
31. Размерности каких из перечисленных величин относятся к основным: атмосферное давление, время обращения Земли вокруг своей оси, скорость автомобиля, длина железнодорожного состава, мощность электрической плитки, масса птичьего пера? Если такие величины есть, то удобно ли использовать их в качестве эталона?
32. В известном мультфильме Удава измеряют в попугаях. Какие параметры попугая можно использовать в качестве эталона для введения основных единиц?
33. Коэффициент g в формуле для веса тела $P = mg$ имеет размерность $м/с^2$. Используя этот факт, выразите через основные следующие размерности: Н, Па, Дж, Вт.
34. Переведите 72 км/ч в в м/с, 5000 м/с в км/ч. Какие тела окружающего мира могут обладать такими скоростями?
35. Чему равна плотность воды, измеренная в тоннах на кубический сантиметр?
36. Необходимо провести вычисления по формуле $M = \rho V$, причем известно, что $\rho = 2$ г/см , а $V = 30$ $см^3$. Обязательно ли переводить значения ρ в "кг/м ", а V - в "/м ". А как можно поступить, если известно, что $\rho = 1500$ кг/м , а $V = 40$ $см^3$?
37. Можно ли с помощью только соображений размерности отличить формулы для объема шара, площади сферы, площади круга? Если да, то как это сделать.
38. Определите размерности следующих комбинаций величин: ρgh, ρgh^3 , Fv, mv^2 , h^3. Здесь ρ - плотность, h - некоторый линейный размер, F - сила, m - масса. Каким физическим величинам могут соответствовать эти комбинации?

39. Тело массы m движется со скоростью v. К телу приложили силу F. Через некоторое время t скорость тела стала равной нулю. Получите формулу для времени t из соображений размерности. Во сколько раз надо увеличить силу, чтобы тело остановилось за время, в 2 раза меньшее?

40. Дайте описание физической стороны следующих явлений,

    1) мальчик бросил камень под некоторым углом к горизонту;

    2) футболист ударяет по мячу ногой и мяч поднимается в воздух;

    3) камень падает в воду;

    4) маленький пузырек всплывает со дна озера на поверхность;

    5) электрический чайник, наполненный холодной водой, включили в сеть.

41. Карандаш длиной 12 см имеет массу 100 г. Чему равна масса карандаша длиной 7 см? Решите задачу, составив пропорцию. Снова решите эту задачу, введя "линейную плотность" карандаша. В каких единицах измеряется эта величина?

42. Тело массы 100 г с плотностью 850 кг/м^3 плавает на поверхности воды. Определите объем надводной части тела. Плотность воды 1000 кг/м^3. Решите задачу с использованием только арифметических операций. Снова решите задачу, но теперь методами алгебры. Необходимые буквенные обозначения неизвестной величины и величин, данных в условии, введите самостоятельно. Найдите численный ответ к задаче, подставив данные условия в полученное алгебраическое выражение. Покажите, что искомый объем определяется не самими величинами плотностей тела и жидкости, а только их отношением. Какой ответ дает алгебраическая формула для случая, когда плотность тела больше плотности жидкости? Что это означает?

43. В два цилиндрических сообщающихся сосуда с площадью основания 1 см^2 наливают по 10 см двух жидкостей с плотностями 800 кг/м^3 и 1000 кг/ м^3 . На какой высоте установится линия раздела между жидкостями? Решите задачу методами алгебры, введя самостоятельно соответствующие обозначения. Получите уравнение относительно неизвестной величины и решите его. Проверьте конечную формулу для двух случаев: 1) когда плотности жидкостей одинаковы; 2) когда одна из жидкостей имеет на порядок большую плотность, чем другая.

44. Бутылка, заполненная маслом с плотностью 900 кг/ м^3 весит 1 кг 300 г, а заполненная водой - 1 кг 400 г. Определите массу и емкость бутылки. Решите задачу методами алгебры, введя самостоятельно соответствующие обозначения. Получите систему двух уравнений относительно двух неизвестных величин и решите ее.

Переформулируйте условие задачи так, что неизвестными оказались плотность масла и объем бутылки. Решите задачу в этой формулировке.

45. Цилиндрический сосуд высоты H с площадью основания S заполнен водой так, что ее уровень находится на высоте h. В сосуд бросают небольшое тело объемом V с плотностью ρ. Какие качественно разные конечные ситуации возможны? При каких значениях параметров задачи они реализуются?

46. Постройте графики следующих зависимостей:

а) массы воды в сосуде от объем воды. Полный объем сосуда 5 литров;

б) длины окружности от ее радиуса, радиус изменяется от 0 до 10^5 км;

в) площади поверхности куба от длины ребра куба, площадь изменяется от 0 до 5см^2;

г) площади поверхности сферы от ее радиуса, радиус изменяется от 0 до 3мм;

д) объем куба от длины ребра, ребро куба изменяется от 0 до 16 см.

47. Какие из приведенных зависимостей являются прямо-пропорциональными, а какие степенными?

48. На рисунке 9 показана зависимость толщины пачки листов от числа листов. Определите толщину одного листа. Перерисуйте этот график себе в тетрадь и на том же рисунке изобразите аналогичный график для случая, когда все листы в два раза толще.

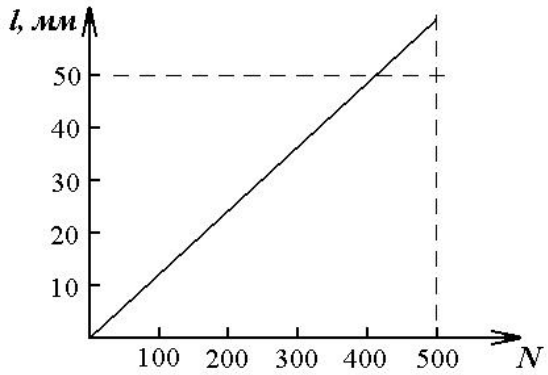


Рис. 9

49. Постройте график зависимости массы стакана с водой от объема воды, налитой в стакан. На этом же рисунке изобразите зависимость массы бутылки с водой от объем налитой в нее воды. Чем отличаются, а чем похожи эти графики? Совпадают ли области определения соответствующих функций?

50. В сосуд в форме двух цилиндров с диаметрами 2 см и 4 см наливают воду (рис. 10). Постройте графики зависимости давления воды на дно сосуда от высоты налитой жидкости и от объема налитой жидкости. К какому типу функций относятся полученные зависимости?

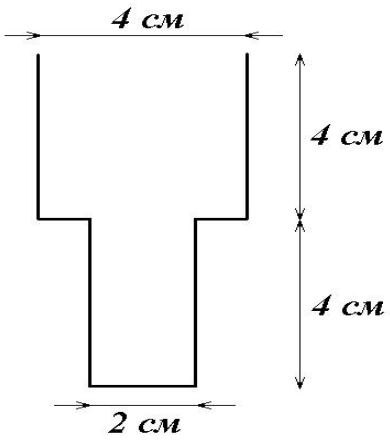


Рис. 10

51. Кубик со стороной 10 см погружают в воду. Постройте график зависимости выталкивающей силы, действующей на тело, от глубины, на которую погрузили кубик.
52. Придумайте пример зависимости физических величин, которая соответствует функции $y = c\,x^{1/2}$.
53. Измерьте длину и диаметр не заточенного карандаша с помощью линейки. Чему равна абсолютная и относительная погрешность измерений?
54. Измерьте "портновским" сантиметром размеры крышки от стола. Вычислите площадь поверхности стола. Чему равна абсолютная и относительная погрешности вашего результата?
55. Измерьте объем вашей комнаты. Чему равно полученное значение и чему равна абсолютная и относительная погрешности измерений?
56. Очень хорошие часы отстают на 1 минуту в месяц. Другие часы идут с точностью 0,01%. Каике часы более точные?
57. Результат какого из приведенных измерений является более точным: 36 км; 36,00 км? Почему? Во сколько раз выше точность?
58. В результате проведенных измерений получены следующие значения физической величины: 4,7 см; 4,9 см; 4,4 см; 4,7 см; 4, 6 см. Чему равно среднее значение этой величины? Оцените абсолютную и относительную погрешности измерений.

Экспериментальные задачи

1. Подберите длину маятника так, чтобы период его колебаний равнялся 1 с. Оборудование: нить, грузик, секундомер.
2. Определите среднюю массу спички. Оборудование: коробок со спичками, весы, разновесы.
3. Определите плотность кубика. Оборудование: штангенциркуль, кубик, весы, разновесы.

4. Определите численный коэффициент C в формуле для объема шара, полученной методом размерностей. Оборудование: стакан с водой, мерный цилиндр, штангенциркуль, шарик.

Литература к программе «Физика для лицея»

1. Физика 8, 9, 10, 11.
2. Физика. Часть I. Вселенная. М.: Наука. 1973.
3. Л.Д. Ландау, А.И.Ахиезер, Е.М.Лифшиц. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. М.: Наука, 1969, 400 с.
4. Л. Купер. Физика для всех. Том 1. Современная физика. М.: Мир, 1973, 480 с. Том 2. Современная физика. М.: Мир, 1973, 384 с.
5. Р.Фейнман, Р. Лейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1966. Том 1-10.
6. Д.В.Сивухин. Курс общей физики. Том I. Механика. М.: Наука, 1974, 520 с. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука, 1975, 552 с.
7. Зельдович Я.Б. «Вселенная». Квант. 1984. N 3. С. 3.
8. С.С. Хилькевич. Физика вокруг нас. Библиотечка "Квант". Выпуск 40. М.: Наука, 1985, 160 с.
9. Л.Г.Асламазов, А.А.Варламов. Удивительная физика. Библиотечка "Квант". Выпуск 63. М.: Наука, 1987, 160 с.
10. Асламазов Л.Г. «Статика.» Квант. 1971. N 11. С. 54.
11. И.Ш.Слободецкий. «Сухое трение». Квант. 1970. N 1. С. 37.
12. Г.Л.Котин. «Столковение шариков.» Квант. 1973. N 3. С. 19.
13. А. Киккоин. «Температура, теплота, термодинамика. « Квант. 1976. N 6. С. 13.
14. Г.Я. Мякишев "Взаимодействие атомов и молекул". Квант. 1971. N 11. С. 1.
15. А. Иоффе.» Броуновское молекулярное движение.» Квант. 1976. N 9. С. 20.
16. А.Х. Коттрэлл. «Природа металлов.» Квант. 1970. N 6. С. 25.
17. В.А. Займовский «Трещина - враг металла.» Квант. 1984. N 2.
18. А.С. Штейнберг Репортаж из мира сплавов. Библиотечка "Квант". Выпуск 71. М.: Наука, 1989, 256 с.
19. Я.А. Смородинский "Идеальный газ". Квант. 1970. N 10. С. 22.
20. В.Кресин. «Адиабатический процесс.» Квант. 1977. N 67. С. 11.
21. Ю.И.Соколовский. «Тепловые машины.» Квант. 1973. N 12. С. 12.
22. М. Бронштейн "Необратимость тепловых явлений и статистика". Квант. 1978. N 3. С. 11.

23. Б.М. Смирнов. «Тепловой баланс Земли.» Квант. 1973. N 1. С. 10.
24. А.Л. Стасенко "Этот ужасный космический холод". Квант. 1971. N 8. С. 51.
25. В. Ланге, Т. Ланге "Об удельной мощности человека и Солнца (или почему у комара холодная кровь)" Квант. 1981. N 4. С. 9.
26. А.А. Боровой, Э.Б. Филькенштейн, А.И. Херувимов. Законы электромагнетизма. М.: Наука, 1973.
27. Л.Г. Асламазов "Электростатика на языке силовых линий." Квант. 1970. N 11. С. 2.
28. И.П.Стаханов. «Электродинамика движущихся сред.» Квант. 1975. N 9. С. 3.
29. Я.А.Смородинский. «Закон Ома.» Квант. 1971. N 4. С. 9.
30.. А Хацет. «Методы расчета эквивалентных сопротивлений.» Квант. 1972. N 2. С. 54.
31. А.Б.Мигдал. Квантовая физика для больших и маленьких. Библиотечка "Квант". Выпуск 75. М.: Наука, 1989, 144 с.
32. М. Волькенштейн ."Квантование и стоячие волны." Квант. 1976. N 13. С. 26.
33. Д.А. Франк-Каменецкий. "Электрическое сопротивление - квантовое явление!" Квант. 1970. N 9. С. 10.
34. В. Кресин. «Природа сверхпроводимости». Квант.1973. N 11.С. 2.
35. В. Кресин. «Гигантские кванты». Квант. 1975. N 7. С. 21.
36. Я.Б.Зельдович, М.Ю.Хлопов. Драма идей в познании природы. Библиотечка "Квант". Выпуск 67. М.: Наука, 1988, 240 с.13.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надеюсь, что представленный в этой книжечке материал был интересен для читателя. Я буду рад, если что-то из этого материала окажется интересным и полезным для администрации лицеев, гимназий и школ, а также преподавателям, которые смогут использовать настоящее пособие в работе с учениками. Надеюсь, что-то полезное для себя смогут почерпнуть и учащиеся. Я буду рад и в том случае, если кому-либо все это покажется очевидным. Значит, мы с Вами мыслим одинаково и придерживаемся одних взглядов!

Выражаю глубокую благодарность зав. лаб. «Теоретическая нелинейная динамика» СО ИРЭ РАН проф. Кузнецову С.П. и научному руководителю Лицея прикладных наук г. Саратова, научному руководителю Факультета нелинейных процессов СГУ, член-корр. РАН, проф. Трубецкову Д.И., всем коллегам из ИПФ РАН и ННГУ, Нижний Новгород, за интересные обсуждения и обмен информацией. Я весьма благодарен учителям 13-ой физико-математической школы (ныне Физико-технический лицей) и Лицея прикладных наук г. Саратова. Благодарю Американский фонд содействия гражданских исследований и развития, поддержавшего создание школьной научной лаборатории.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Концепция исследовательского лицея……4
Глава 2. Учебные программы, правила, задачи…… 19
Глава 3. Физика для лицея……45
Заключение……69

Учебное издание

Кузнецов Александр Петрович

КОЕЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЛИЦЕЯ

Учебное пособие издано в авторской редакции
Ответственный за выпуск А.В.Савин

Подписано в печать 18.05.2005.
Формат 60x84 1/16. Бумага Снегурочка. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 4,11 . Уч. - изд. л. 3,9. Тираж 100 экз.

Издательство Научная книга
410054, Саратов, ул. Б.Садовая, 127