

М.М. БАЛАШОВ

МЕХАНИКА ЗА 70 УРОКОВ

«Просвещение»

М.М. БАЛАШОВ

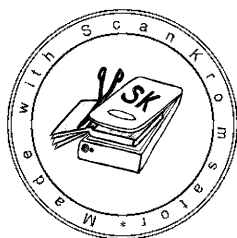
МЕХАНИКА за 70 УРОКОВ

Книга для учителя

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1993

ББК 74.265.1
Б20

Рецензент учитель физики А. Р. Зильберман



Scan AAW

Балашов М. М.

Б20 **Механика за 70 уроков: Кн. для учителя: — М.: Просвещение, 1993. — 63 с.: ил. — ISBN 5-09-004032-X.**

В книге даются методические рекомендации учителю, работающему по пробному учебнику физики для 9 класса автора М. М. Балашова.

Б 4306010000—408 инф. письмо — 92, доп. № 1, № 43 **ББК 74.265.1**
103(03)—93

ISBN 5-09-004032-X

© Балашов М. М., 1993

Уважаемые коллеги!

Общеизвестно, что основные трудности обучения физике начинаются в IX классе при изучении механики. Почему же отчуждение ребят от знания происходит при знакомстве с явлениями, которые сопровождают их на каждом шагу и которые они не только наблюдают, но и осуществляют, участвуя во всевозможных формах движения? Почему так трудно перевести знание, интериоризованное даже в мышцах, на уровень сознания, и вместе с тем куда как менее знакомый материал XI класса усваивается легче?

Основная причина этих сложностей — высокий уровень абстрактного описания механического движения. Переход от действительности к математическому описанию не только труден сам по себе, но и осложнен слабой математической подготовкой учащихся IX класса (такова программа). Итог: действительность — сама по себе, описание (уравнения, векторы и т. п.) — физика, не имеющая отношения к действительности и самооценная лишь в рамках урока и процедуры учения. Именно в IX классе в сознании ученика возникает негативная установка, которую трудно преодолеть в последующих X—XI классах, когда уровень математического описания явлений несколько снижается.

Что делать? Снизить уровень абстрактного описания? Переместить механику на более поздний этап, когда ученик «поднатореет» в математике? Вообще исключить физику из списка базовых наук? Увеличить долю демонстраций, эксперимента? Провести интеграцию физики с другими естественными науками? Решение этих вопросов потребует вдумчивого обсуждения, на которое не стоит жалеть времени.

В предлагаемых решениях проблемы обучения преобладают точки зрения, с которыми трудно согласиться.

Говорят о необходимости гуманизации и гуманитаризации образования. Это действительно назревшая проблема, но разве можно решить ее подбором предметов, увеличением доли литературы, музыки и других предметов, традиционно называемых гуманитарными? Кто сказал, что физика (и другие естественные науки) негуманна и негуманитарна? И гуманна, и гуманитарна, как всякое порождение разума и чувств человеческих. Ученик с любыми задатками, дарованиями, способностями и склонностями найдет в науке нечто такое, что обогатит его мировоззрение и личность, нужно только показать ему все грани научного творчества. Не найдется человека, которого не удивило бы, не заинтересовало хоть что-нибудь в безграничном и неисчерпаемом источнике науки.

Второе возможное следствие упрощенного подхода к проблеме гуманизации еще опаснее. Известно всем, что XX и грядущий XXI век — время технологий высокого уровня. Проблемы, с которыми столкнулись люди нового времени (энергетика, экология, материалы, питание), грозят им вырождением, если не будут решены. Позвольте спросить: кто же будет решать эти проблемы, если научное мировоззрение исчезнет из школьных программ? Ведь решить перечисленные и некоторые другие задачи можно **только средствами науки** — и никак иначе. Может быть, современным людям не хватает именно этой грани мировоззрения, чтобы хотя бы осознать степень грозящей опасности.

Третье возражение также понятно на уровне здравого смысла: при всякой реформации нужно сохранять все лучшее, что было достигнуто в предшествующем. Реформа, связанная с именами И. К. Кикоина и А. Н. Колмогорова, значительно подняла уровень нашего естественнонаучного образования и его авторитет в мировой школьной практике. И сегодня за границу утекают те самые «мозги», само существование которых обязано упомянутой реформе и повышению интереса к естественным наукам в 60-е годы. Учтем и то, что в мировой практике сегодня ясно просматривается «омоложение» естественнонаучного образования вплоть до введения соответствующего предмета с I класса (Гавайский центр, США и др.). Эта тенденция наметилась и развивается не без влияния нашей реформы и ясного осознания роли науки в современном мире. И нам не стоило бы окончательно терять уровень реформы 60-х годов, от которого и так мало что осталось: всевозможные «упрощения», «урезания» за последние 30 лет заметно выхоластили задумку реформаторов.

Наконец, четвертое возражение имеет чисто психологический характер. Существуют такие тонкие «материи», которые могут усваиваться в том и только том случае, когда вся жизнь, деятельность ребенка, школы, общества пронизана этой «материей», но ни в коем случае не в рамках специального школьного предмета. Таковы нравственность и ее разновидности — культура, экология, патриотизм, вера, которые не внедришь в сознание никакими прямыми проповедями. Хотите сделать рок-музыку непопулярной? Сделайте школьный предмет (с контрольными, оценками, опросом) — «Рок-музыка», и через полгода у многих учащихся возникнет устойчивое неприятие этого «зла» (равнодушие гарантируется), — такова психологическая специфика школы (во все времена). Именно поэтому вызывает сомнение попытка поспешно внедрять в программы предметы нравственного характера (например, «Экология») за счет, как правило, естественных наук, вооружающих учеников конкретными знаниями о природе. Если мы действительно хотим внедрить нравственные идеалы в сознание учащихся, то нужно нравственную (экологическую, культурную и т. п.) проповедь вести в рамках всех предметов (лучше — во всей жизни) и в очень деликатных формах, как правило, косвенно, опосредованно, ситуационно. В любой деятельности, будь то урок, турпоход, спортивная игра, всегда найдется повод для нравственной проповеди. Как вы это сделаете — поступком ли, действием, выражением лица, шуткой и т. п. — это зависит от выбора ситуации, вашей нравственной чуткости, искренности и находчивости. Вспомним нашу жизнь: именно такие «уроки» нравственности оказали на каждого из нас наибольшее влияние, именно их мы вспоминаем всю жизнь, а не назидания и нотации записных моралистов. Уверен, что физика, биология, химия дают ничуть не меньше возможностей для нравственного воспитания, чем литература, музыка, изобразительное искусство — любой предмет.

Из сказанного следует: нет никаких оснований преуменьшать роль естественных наук в образовании; основы физики, химии, биологии, астрономии, техники должны знать все — иначе не избежать духовного оскудения народа (см. § 2).

Тем не менее реформа нужна, но какая? Очередная перетасовка «колоды» школьных предметов ничего не даст.

Гуманизировать нужно не предмет (в этом смысле все предметы равны), **а процесс образования.** Это значит, что нужно дать ученикам всех возрастов право выбора содержания образования и способа обучения (включая домашнее

обучение, репетиторство, частную школу). Это значит, что уважение к личности ученика должно проявляться во всем: в качестве программ, учебников, приборов, которые мы ему предлагаем, в оценке его успехов, в уважении его права быть конструктором процесса своего образования, в стиле общения учителей с ним,— во всем. Это значит, что нужно повысить престиж хорошего образования и профессии учителя, к деятельности которого нужно предъявить самые высокие требования (научный уровень, методическое мастерство, психолого-социальная подготовка), но и поощрять при этом лучший опыт как никакой другой.

Понятно, что гуманизация и гуманитаризация учебного процесса — сложнейшая социально-экономическая задача, которую только школа и Министерство образования не способны решить в полном объеме. Нужны усилия всего общества. Но не дожидаясь радикального изменения ситуации в народном образовании, уже сегодня можно и нужно провести заметные изменения, которые позволят улучшить мотивацию учения. Резервы есть. И главный резерв — огромный опыт учителей-практиков, который не заменить никакими «изобретениями» специалистов, далеких от прямой школьной практики. Собрать, изучить и обобщить этот драгоценный опыт — самая важная, на мой взгляд, задача. Учебник «Физика — 9», который предлагается на ваш суд, прошу рассматривать как приглашение к сотрудничеству всем, кто разделяет мысли и идеи, положенные в основу книги.

I. О РЕЗЕРВАХ ПОВЫШЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА

1. Бытует мнение (в том числе и в учебниках), что физика в равной степени нужна всем учащимся, каковы бы ни были их интересы, склонности и специализация. При этом забывают, что физика как область деятельности многолика и многопланова. Судьбы людей науки, драма идей, уникальный метод и язык физики, конкретные результаты, структура, эксперимент, имеющий техническую и идейную стороны, просто рукоделие, высокая философия, взаимодействие с другими способами познания действительности (мифология, метод проб и ошибок; художественное творчество) — все это физика. Какую часть этого обширного материала нужно рассматривать как базовую, действительно необходимую для формирования мировоззрения всех учащихся?

К сожалению, вопрос этот был решен однозначно, унифицировано, без всякого учета разнообразия личностей учащихся: предмет физики — это изложение ее результатов на специфическом языке, и все. Из учебников исчезли все остальные компоненты физического знания, и самое главное — не трактуется метод физики, не изучается ее специфический язык. В итоге возникает полная оторванность знания от действительности, живая человеческая мысль теряется в схемах и символах.

Таким образом, **первый значительный резерв состоит в том, чтобы органично включить в базовый курс все стороны физического знания**, чтобы ученик с любыми склонностями смог найти в нем что-то интересное и полезное для себя. Физика как никакой другой предмет дает возможность проявления самых разнообразных способностей, какими только

может обладать ученик, лишь бы программа давала ему такую возможность.

Задача определения содержания базового курса физики, в котором обоснованно были бы представлены, трактованы и закреплены упражнениями самые разные грани предмета, сложна. Мне не встречался пока ни один курс (отечественный или зарубежный), в котором бы проблема содержания была решена удачно. Оптимальным в этом отношении было бы следование совету Бэкона излагать знание так, как оно было получено, однако исторический подход значительно увеличивает объем курса. Столь же громоздким становится курс, основанный на эксперименте как основе получения новых знаний, да и далеко не всякий опыт возможен в школьных условиях из-за нехватки или низкого качества оборудования. Только органичное и взвешенное сочетание разных подходов может обеспечить учет разнообразия способностей ребят и, соответственно, повышение познавательного интереса.

Попытку включения в содержание курса истории, эксперимента, элементов философии я и предпринял в проблемном учебнике «Физика-9. Механика (Гармония движений)»¹. Будем считать ее началом коллективной работы учителей физики над определением содержания и доведем эту работу, проверяя опытом, до конца.

2. Сегодня школа дает ученикам возможность специализированного обучения в основном на старшей ступени. Это правильный подход, но жаль, что большинство школьников среднего звена лишаются возможности поиска и выбора, обучаясь по унифицированным программам, рассчитанным на некоего мифического усредненного ученика.

Унифицированность образования можно преодолеть внедрением многоуровневого обучения и дать право ученику и его родителям самим выбирать уровень обучения, а также предусмотреть возможность изменения уровня по мере обучения. При этом желательно, чтобы многоуровневое обучение внедрялось одновременно по нескольким предметам: снижая уровень по одному из них, ученик увеличивает объем знаний по другому.

Таким образом, учащиеся получили бы возможность всесторонне испытать свои способности, сосредоточить внимание на том материале, в котором эффективнее реализуются его возможности, изучая остальные предметы на минимальном уровне. Выбор специализации на старшей ступени был бы сделан учащимися осознанно.

¹ В дальнейшем это издание буду называть коротко — учебник.

При внедрении многоуровневого обучения возникает немало проблем, из которых выделяю две:

а) принципы определения содержания базового (минимального) уровня должны быть таковы, чтобы ни в коем случае не снизить его познавательного и развивающего значения;

б) необходимо разработать методологию проведения урока при многоуровневом обучении.

В учебнике выделены три уровня обучения, формирование которых осуществлено по следующему принципу: I уровень: идеи + арифметика; II уровень: идеи + алгебра; III уровень: идеи + элементы анализа. Необходимость III уровня подвергалась сомнению на том основании, что учащихся, занимающихся на этом уровне, будет мало. Это, разумеется, так, но не в том ли высший смысл образования, чтобы отыскивать, выделять талантливых ребят, пусть одного из десяти тысяч, и обеспечивать им опережающее обучение, создавать оптимальные условия для реализации таланта? Наличие III уровня особенно необходимо учащимся, живущим в малых городах, селах, где специализированного обучения вовсе не существует.

Технологию проведения урока при многоуровневом обучении еще предстоит разработать, и я уверен, что в ближайшее время мы получим ценный опыт учителей-экспериментаторов и обобщим его.

3. Резервом усиления познавательного интереса считаю **изменение стиля обучения**. Традиционно характер его таков: изучают материал и лишь затем закрепляют его в упражнениях. Думаю, что обучение (усвоение идей, лексики, формулировок законов, навыков их применения и т. п.) должно происходить исключительно в упражнениях. Поэтому в предлагаемом учебнике произведено более мелкое дробление материала. Изложение каждой мысли заключается 2—5 упражнениями, позволяющими проговорить и закрепить эту мысль без использования механической памяти (лучше было бы вообще исключить механическое заучивание и воспроизведение материала).

Каждый параграф содержит, таким образом, множество упражнений самого разного рода и уровня. В заключение предлагаются упражнения для закрепления всего параграфа. Такое расположение материала поможет молодым учителям планировать уроки.

Думаю, что в погоне за логичностью курса и его методологической безупречностью мы забыли о способах усвоения новых понятий, которые широко используются в повседневно-

ности. Речь идет о привыкании, произвольном запоминании и постепенном наполнении понятия смыслом.

Обычно в учебниках дается исчерпывающее определение новой величины, предлагается учащимся выучить его и использовать в упражнениях. Нередко понятия, введенные в определенном месте курса, в последующем не используются вообще или используются крайне редко, быстро забываются или отягощают память, ничего не добавляя к развитию.

А как дети усваивают сложнейшие понятия в повседневности? Почему они уверены, что понимают смысл слов, которыми пользуются постоянно, и, более того, крайне удивляются, когда обращаешь их внимание на явно недостаточное понимание того или иного слова? Забавно наблюдать их недоумение, а затем погружение в размышление, если после их уверенного суждения о том о сем как бы невзначай, между прочим, спросить: «А что это значит?» Оказывается, очень непросто объяснить содержание даже самых что ни на есть привычных понятий. И тем не менее дети оперируют ими постоянно и не без успеха. Почему так? Ведь понятия, используемые в физике, яснее и проще, чем обыденные, и толкуются подробнее.

А дело в том, что в повседневности понятия усваиваются постепенно. Сначала дети узнают название предмета или явления, наблюдают его, у них формируется чувственный образ, обрастающий деталями по мере накопления опыта. Любознательность и практическая деятельность побуждают ребенка узнавать новые и новые детали, происходит углубление и расширение смысла, но ... о понимании говорить не приходится, ведь предметы и явления бесконечно сложны. Тем не менее ребенок не отдает себе в этом отчета, у него существует иллюзия понимания, он уверенно оперирует понятиями даже в наисложнейшей нравственной сфере.

За годы использования значимых в повседневной практике понятий дети просто привыкают к словам и «не боятся» их. О полном непонимании говорить, разумеется, нельзя: достигается уровень понимания, отвечающий потребностям повседневной деятельности.

Вот такую постепенность освоения понятий было бы полезно ввести в практику обучения и положить в основу методики учебников: вводить понятия не в виде строгих определений, содержащих все детали и особенности (при этом определение принимает обычно трудную для запоминания форму), а для начала ограничиться названием, ярким образом и минимумом свойств. Некоторое время оперировать понятием в узком значении, а новые свойства и детали вводить по мере

необходимости, когда этого потребует решение практических задач. При этом лучше вводить новые свойства проблемным методом: ставить перед учащимися задачу, для решения которой прежних сведений недостаточно.

Таким образом мы даем ученикам возможность привыкнуть к новому понятию, если, конечно, предлагаем им достаточное количество соответствующих упражнений. Чем больше упражнений, тем меньше время привыкания.

Именно так можно знакомить ребят с понятиями «вектор», «тригонометрическая функция» и др. Вначале вектор — стрелка той или иной длины. Спустя некоторое время можно говорить о проекции (для прямолинейного движения), а еще через два-три месяца — о сложении векторов (при изучении динамики, сил природы), вначале — геометрически, выполняя построение в масштабе и определяя силы линейкой, позже — решая треугольники с помощью тригонометрических функций. И упражнения, упражнения...

Конечно, освоение смысла физических понятий не нужно растягивать на десятилетия, но полгода-год на это отвести просто необходимо. И вообще дидактике нужно больше присматриваться к жизни и больше брать от нее, ведь в жизни любой человек постоянно чему-то учится (чаще с удовольствием) и способы обучения давным-давно известны, только подмечай их и внедряй в свою практику.

Чутко и деликатно следует относиться к оценке знаний. Человек вообще болезненно относится к факту его оценки (знаете по себе, не так ли?). Деление оценок на текущие (стимулирующие) и контрольные (тестовые), о котором я говорил в книге «Методические рекомендации к преподаванию физики в 7—8 классах средней школы» (М.: Просвещение, 1991), может несколько упорядочить трудную ситуацию с оценкой. Ясно одно: установку «оценить» нужно решительно заменить на другую, более соответствующую целям школы — «научить!», и делать все, вопреки не лучшим традициям, чтобы этой цели достичь.

Для снятия известной «напряженности» в оценке знаний лучше перейти на тестовый контроль. По каждой теме нужно заготовить тест (я делал шесть вариантов во избежание списывания), содержащий простые, средней сложности и сложные задания. В любом случае контрольные задания должны быть проще разбираемых на уроке.

Оценка выставляется за каждое задание в отдельности (итого 6—12 оценок разом). Тестовые оценки и определяют окончательную оценку, вносимую в дневник.

Возможны и кратковременные тесты для проверки усвоения какого-либо приема, частного умения (например, определения знаков проекций вектора или умения суммировать и вычитать векторы и т. п.). Таких тестов может быть десять и более в каждой теме, вот и еще десяток оценок! Задания для таких тестов просты настолько, что их нетрудно изготовить прямо на уроке. Например, все ученики по просьбе учителя на листке изображают вектор длиной 3 см, направленный вверх. Затем по рядам вводится система координат (для каждого ряда — своя). Направление осей можно заранее указать на доске для каждого ряда. Затем учитель быстро проходит по классу и рисует каждому ученику еще один вектор, который нужно сложить (вычесть) с первым и определить знаки проекций векторов и суммы (соответственно три оценки за этот тест).

Ученики заранее оповещены, что тестовые оценки определяют итоговую. Они имеют право в случае неудачи пройти повторное тестирование, перед которым получают дополнительную консультацию учителя или сильного ученика.

Текущие оценки имеют стимулирующий характер и поэтому должны быть высокими. Эти оценки можно щедро ставить за отличную работу на уроке (по совокупности), удачное решение задачи, постановку опыта и т. п. — за любое проявление активности. Количество таких оценок будет показателем активности ученика на уроке и, безусловно, учтется как-то при выведении окончательной оценки за четверть, год.

Такая система оценки знаний исключает карающую функцию, которой наделяют еще оценку отдельные учителя, не способные заинтересовать учащихся. Оценка должна отражать уровень знаний, выявлять недоработки и стимулировать познавательный интерес. Таково ее назначение.

Интересную попытку постепенного освоения понятия (как это было в истории) предпринял Эрик Роджерс (Физика для любознательных. — М.: Мир, 1969). «Сведения, сообщаемые в одном месте, еще не раз будут комментироваться и углубляться в дальнейшем», — пишет автор в предисловии и ведет читателя по ступенькам познания от тщательного анализа обыденных восприятий до глубоких обобщений современной физики. Читатель прослеживает динамику мысли и соучаствует в построении физики в ее современном виде. Так же постепенно усложняется математический аппарат. Исторический фон оживляет повествование, компенсирует утомление от более чем добросовестного, детальнейшего анализа явлений.

Книга Э. Роджерса не может быть учебником: слишком щедрая информация и безоговорочная опора на самостоятельную экспериментальную и интеллектуальную работу читателя потребует огромного количества учебного времени, которым мы не располагаем. Но позаимствовать постепенность освоения понятий и внедрить его в практику (в разумных границах) нам необходимо, чтобы не требовать понимания знания, преподнесенного в готовом и завершенном виде, уже на следующем уроке.

Непроизвольное запоминание и привыкание — основа усвоения нового, основа понимания (если вообще это не одно и то же!).

4. Значительным резервом повышения познавательного интереса является **изменение характера задач**. Физическое знание обладает таким высоким уровнем абстрагирования, что в «чистом виде» к явлениям, с которыми ученики имеют дело в повседневности, неприменимо. Задачи, предлагаемые в действующих пособиях, имеют весьма искусственный характер («шарик скатывается с наклонной плоскости...» и т. п.), что мало интересно для ребят. Не отрицая необходимости некоторого количества задач, построенных на искусственных (идеализированных) ситуациях, предлагаю насытить курс задачами, основанными на повседневных ситуациях (как мы ходим, передвигаем предметы, занимаемся спортом, пишем и т. п.). При этом от получения точных («чистых») результатов придется отказаться и ограничиться оценками. Такого рода задачи развивают физическое мышление, помогают освоить исключительно важное в науке понятие — модель тела или явления — и проверить правомерность модели практикой. Очень много задач такого рода (правда, сложных) содержит известный задачник П. Л. Капицы (Физические задачи.— М.: Знание, 1966). Ясно, что обилие подобных упражнений будет постоянно будоражить мысль ученика, возвращать ее к физике в самых обыденных ситуациях, «приземлять» знание высокого уровня абстракции, показывать, что физика родилась в повседневной деятельности людей и как именно это происходило.

Задачи указанного типа, при решении которых можно получить правдоподобные оценки, подобрать не просто, и нужен дружный поиск всех учителей.

В предлагаемом учебнике увеличена доля экспериментальных упражнений. Наряду с традиционным набором лабораторных работ я предлагаю немало задач, осуществимых простейшими средствами, в домашних условиях. Излишне говорить о том, насколько эксперимент оживляет учебный

процесс, помогает преодолеть разрыв теории и практики. Впоследствии будет создан специальный конструктор, позволяющий осуществить множество опытов по всем разделам механики. Ждем предложений учителей-практиков и на этот счет.

5. Следующий резерв касается **особенностей восприятия школьников среднего звена и оформления учебников**. Многие учащиеся в этом возрасте обладают развитым наглядно-образным мышлением, у многих оно преобладает над логическим. Это необходимо учитывать при оформлении учебников, и в первую очередь надо радикально изменить роль иллюстрации. Рисунки и фотографии должны быть такими, чтобы в них ясно «читалась» физическая идея. По существу речь идет о создании зрительного ряда, который имел бы не меньшую познавательную и смысловую нагрузку, чем текст.

Создание зрительного смыслового ряда — трудное дело. Автор рисунков должен хорошо знать физику, избегать излишней развлекательности, когда физическая идея тонет в обилии занимательных деталей. Вместе с тем иллюстрации должны быть привлекательны, эстетичны, воспринимаемы и легко воспроизводимы учениками (сложная задача!).

В пробном учебнике я предпринимаю попытку совместить текст и соответствующие рисунки. Было бы полезно обращать внимание учеников на рисунки, просить рассматривать, раскрывать содержание, смысл, сопровождать текстом. Полезно и обратное: учить ребят отражать физические идеи выразительным графическим символом.

Многие иллюстрации представляют собой задачи, при этом данные для решения следует получать с помощью измерений на них.

Роль иллюстраций можно было бы усилить, сделав стробоскопические фотографии и небольшие разрезные книжечки в качестве приложений к учебнику для воспроизведения движений в стробоскопическом варианте. Предлагаем учителям, умеющим рисовать, принять участие в разработке графического оформления учебников и уроков.

6. Наконец, очевидным и, возможно, главным резервом улучшения преподавания физики является **искоренение всяких признаков авторитаризма, бурсы, школярства**. Более всего любой человек ценит уважение к своей личности, ее неповторимости и единственности. Осознание своей самоценности каждым учеником, выяснение и наиболее полная реализация его способностей — вот высшая цель обучения и воспитания, и каждый учитель, автор учебника, руководитель школы должны следовать этим принципам. Столь

необходимая ныне реформа системы образования возможна только на основе гуманного принципа. Это непросто сделать по многим причинам, и прежде всего вследствие неготовности общественного сознания к такой реформе. Подчинение личных интересов общественным прочно укоренилось в нашем сознании, реализовалось во всех «мелочах» учебного процесса: стиле учебников, унификации, доведенной почти до абсурда, отношениях педагогических коллективов и учеников. Многие ребята, не имея возможности реализовать себя в школе, ищут такую возможность вне ее и уходят из-под влияния учреждения, призванного помочь формированию и развитию личности. Подобные отношения не редки и в семьях, и ребятам ничего не остается, как скрыть свои не «вписывающиеся» в атмосферу воспитательных учреждений стремления, перенести душевный мир куда-нибудь еще, где больше уважают их личность. Короче говоря, все мы с удовольствием поем и слушаем окуджавское «Давайте восклицать, друг другом восхищаться...», но жить так научились вряд ли.

Мне представляется, что перестроить все общественные отношения, все детали учебно-воспитательного процесса так, чтобы в центре его была личность,— задача трудная, и для ее решения потребуется не одно десятилетие, если не столетие. Так не будем мешкать и начнем эту работу сегодня же. Ведь дело, конечно, не в изменении лозунгов и руководящих установок, а в том, чтобы воплотить их в конкретные вещи и действия. Некоторые возможности я указал выше и попытался реализовать их в предлагаемом пробном учебнике.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНИКА

Учебник содержит шесть глав:

I. Введение

- § 1. Человек как зеркало Мира
- § 2. Уточним понятие «наука»
- § 3. Физика среди других наук
- § 4. Модели тел и явлений. Материальная точка
- § 5. О языке вообще и языке физики в частности. Физические величины
- § 6. Как Природа превращается в числа и формулы (об измерении, погрешности и ограниченности наших знаний)

- § 7. Физика и математика
- § 8. Пространство и время — самые основные и таинственные понятия физики
- § 9. Относительность механического движения

II. Кинематика

- § 10. Прямолинейные и криволинейные движения
- § 11. Пройденный путь. Перемещение
- § 12. Как изучать движение. Равномерное и неравномерное движение
- § 13. Скорость
- § 14. Ускорение — это скорость изменения скорости
- § 15. Равноускоренное движение
- § 16. Периодические движения
- § 17. Свободное падение
- § 18. Движение по параболе
- § 19. Замечания к решению задач
- § 20. Итоги и вопросы

III. Динамика

- § 21. Основное положение динамики
- § 22. Первый закон Ньютона
- § 23. Второй закон Ньютона
- § 24. Третий закон Ньютона
- § 25. Принцип относительности
- § 26. Итоги и вопросы

IV. Силы в механике

- § 27. О природе сил и способах их изучения
- § 28. Закон всемирного тяготения
- § 29. Движение тел под действием силы тяжести
- § 30. Сила упругости
- § 31. Вес тела
- § 32. Сила трения
- § 33. Итоги и вопросы

V. Законы сохранения

- § 34. Сохранение — опора в ошеломляющем хаосе событий
- § 35. Закон сохранения импульса
- § 36. Кинетическая энергия. Механическая работа
- § 37. Работа силы тяжести и потенциальная энергия
- § 38. Закон сохранения механической энергии

§ 39. Закон сохранения момента количества движения (момента импульса)

§ 40. Итоги и вопросы

VI. Некоторые задачи механики

§ 41. Динамика равновесия (статика)

§ 42. Динамика колебаний

§ 43. Механизмы и машины

Заключительное слово С. И. Вавилова

На форзацах учебника размещена шкала времени, на которой указаны годы жизни и достижения людей, упоминаемых в книге, даты появления значимых технических изобретений, важнейшие социальные события.

Каждый параграф разбит на три части (I, II, III), соответствующие трем уровням изучения физики (принцип деления был указан выше). Объем параграфов различен, так как весь материал, относящийся к данному вопросу, помещен в одном параграфе под одним заголовком (например, § 15. Равноускоренное движение). Правом учителя остается распределение материала параграфа на определенное количество уроков в зависимости от уровня подготовки и учебных навыков класса. Каждая мысль закрепляется решением двух — пяти теоретических, практических и лабораторных задач. Такое деление облегчит вам размещение материала по урокам, а у учащихся сохранится цельное впечатление о данном вопросе механики.

Текстовый ряд сопровождается зрительным (в основном графическим), который расположен на полях страницы. Каждая мысль отражена графическим символом, что, по моему мнению, облегчит многим учащимся восприятие идей.

Обсудим некоторые особенности структуры, отличающие данный учебник от других.

Содержание первой главы значительно отличается от традиционно принятого в существующих учебниках. Мне представляется, что в базовом курсе школы, когда ученик находится в состоянии выбора, самоопределения, рассказ об истоках науки, о том, «откуда что взялось», о формировании научного мировоззрения, о сравнении разных методов познания действительности даст уму и чувствам ученика больше, чем формальное сообщение законов, происхождение и изложение которых на особенном и уникальном языке физики так и остается неясным.

Научный метод молод, ему «не стукнуло» еще и 500 лет.

Нечего и сравнивать с другими способами познания (метод проб и ошибок, мифология, художественное творчество), которые ребенок осваивает с самых первых шагов по земле. Научный метод с его стремлением к исчерпывающей ясности понятий, безусловным приоритетом опыта на всех этапах исследования, высокой степенью (уровнем) обобщений, непривычным (и уникальным) языком за 200—300 лет не стал ближе обыденному сознанию, и поэтому его нужно объяснять, толковать.

Полезно показать родство методов познания. Ведь в физике есть все, чтобы она не казалась ребятам «истиной свыше», — своя мифология, безудержный взлет фантазии, сродни вдохновению художников, чисто практические способы познания (метод проб и ошибок). Важно, чтобы физика представляла живым развивающимся образованием, родившимся в гуще обычной деятельности обычных людей.

А разве можно оставить вне программы разговор о модели тел и явлений, если возможно описание модели и только модели, если мы мыслим моделями, если исчерпывающее понимание и описание любых самых «простеньких» явлений принципиально невозможно? Помню, как возмутился один молодой учитель, услышав от опытного учителя, что равнопеременного движения не существует. Причина заблуждения молодого учителя ясна: он не имел случая узнать, что определение $\vec{a} = \text{const}$, $\vec{a} \parallel \vec{v}_0$ отражает идеальную ситуацию, а реальное движение можно идентифицировать с этой идеальной схемой только с определенной погрешностью.

Из предыдущего ясно, что необходимо познакомить учеников с оценкой погрешности хотя бы в простейшем варианте (I уровень), иначе теряет смысл интерпретация результатов лабораторных работ и проведение расчетов при решении задач (округление ответа).

Мир реальных явлений и мир идеальных физических моделей многие ученики воспринимают отдельно. По-моему, это связано прежде всего с тем, что трудности языка при описании физических моделей поглощают внимание учеников и на установление соотношения между моделью и реальностью не остается времени. Чтобы отчасти помочь ученикам преодолеть эти трудности, в первую главу включены рассказы о языке вообще и языке физики в частности и о связи физики и математики (II и III уровни).

В дальнейшем, при изучении отдельных разделов механики, все упомянутые особенности физики и ее языка иллюстрируются конкретными примерами.

Заметно увеличена доля кинематики. Это вызвано следующими соображениями:

а) при изучении кинематики происходит первое, по существу, «столкновение» учащихся с математическим описанием природы, и вряд ли стоит экономить время, чтобы исчерпывающе продемонстрировать, каким образом происходит «превращение» природы в значки, символы, числа;

б) кинематику полезно насытить фронтальным экспериментом от первого шага до последнего; все сведения, все определения и выводы должны следовать из опыта (и только из опыта), который проводят сами ученики; увеличение доли эксперимента требует времени;

в) в курсе кинематики закладываются основы для формулировки основных вопросов динамики, скажем, при анализе относительности скорости и ускорения; такая пропедевтика увеличивает время на изучение кинематики, но обеспечивает цельность курса и облегчает понимание в дальнейшем;

г) кинематика использует весь известный школьнику математический аппарат: алгебру, геометрию, тригонометрию, арифметику векторов, в том числе и недостаточно изученный на уроках математики, и учителю физики волей-неволей приходится задерживаться на вопросах математики; в этом нет ничего страшного, для межпредметных связей это даже хорошо, но требует дополнительного времени.

Таким образом, увеличение доли времени на кинематику объясняется не механическим прибавлением часов, а переосмыслением ее значения в курсе механики в познавательном и учебном аспектах.

Главы III—VI представляют традиционный курс механики по объему, содержанию и структуре, разве что некоторые понятия вводятся нетрадиционно (кинетическая и потенциальная энергия и др.), так как строгая логика курса на школьном уровне невозможна (и, на мой взгляд, не нужна). Ведь и в истории физики почти любой шаг вперед был связан как раз с нарушением логики, догадкой, и ребятам полезно об этом узнать.

Многоуровневый характер изложения механики касается не только отдельных параграфов, но и целых глав. Последнюю, шестую главу считаю возможным адресовать ученикам, изучающим физику более глубоко, на II и III уровне.

Поскольку в данном учебнике предпринята первая попытка введения многоуровневого обучения, скажу еще несколько слов в обоснование этой идеи.

Многие годы, начиная с реформы, связанной с именами И. К. Кикоина и А. Н. Колмогорова, не утихает спор о содержании образования. Каким должен быть базовый минимум содержания? Как обеспечить дифференцированное обучение

в условиях массовой школы и особенно в городах и селах, где нет других источников получения информации, кроме учебника и учителя?

Содержание меняли то в сторону усложнения, то облегчения (формальным исключением ряда вопросов). Сейчас «маятник» качнулся как раз в сторону упрощения, но не возникнет ли спустя некоторое время вопрос о нашем отставании от мирового уровня?

Есть единственно возможный в сегодняшних условиях способ попытаться удовлетворить самые разные вкусы и потребности ребят, не отвлекая внимание тех, кому физика впоследствии не понадобится, и не теряя способных учеников, желающих глубоко изучать предмет. Для этого следует в рамках одного учебника изложить материал с разной степенью глубины и дать ребятам право выбирать доступный каждому уровень. При этом и учебник, и стиль занятий должны стимулировать учеников к самостоятельному приобретению знаний — наиболее продуктивному способу обучения.

Лучше всего, если ученики будут приходить на урок подготовленными, изучив материал по учебнику, проделав необходимые упражнения дома. Тогда собственно урок можно посвятить дискуссии, прояснению того, что не удалось понять самостоятельно, выполнению лабораторных работ, дополнительным упражнениям, контролю. На обычных занятиях по стандартной программе учителю не всегда удастся вовлечь всех учащихся в продуктивную дискуссию. Самостоятельный выбор учеником (после совета с родителями) уровня обучения, несомненно, повысит ответственность ребят, их заинтересованность в приобретении знаний по избранному предмету. Учителю проще организовать дискуссию в такой аудитории, где самостоятельная учеба положена в основу обучения.

Соответственно меняется и роль учителя. Его задача — советовать, организовывать, направлять, но не принуждать, заставлять и наказывать. Такая роль учителя декларировалась давно, но условия деятельности (унификация образования) вынуждали его использовать авторитарные методы. Отказ от унификации необходим, если мы действительно ставим задачу воспитания свободного человека. Упрощение для всех или усложнение для всех равно не дадут ничего хорошего. Огромному разнообразию личностей, чтобы они развивались, нужно дать такое же разнообразие возможностей, иначе развития не будет.

III. О ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

Чем физика сложна для учащихся? Высоким уровнем абстракции, разумеется. Только математика, практически вовсе не связанная с действительностью (в сознании учеников), превосходит физику в этом отношении. И заметьте, к математике, согласно исследованиям психологов и социологов, ученики относятся лучше, ставят ее выше в шкале престижа школьных предметов. Почему?

Ответ прост: перед школьником, изучающим физику, постоянно возникает задача установления соответствия идеальной схемы (математики) и действительности. Ученик должен «видеть» в окружающем векторы, формулы, схемы, иначе его знание настолько формально, что немудрено потерять к нему всякий интерес. В математике эта проблема снимается: есть объекты, есть правила операций с ними; получается хоть и трудная, но игра, смысл которой понятен ученикам.

Указанную трудность при изучении физики можно преодолеть, если все результаты учащиеся будут получать из опыта и только из него. Нужно так перестроить курс физики, чтобы ученики сами пришли к выводу о возможности и необходимости описания Природы с помощью математики, сами «изобрели» язык физики, прошли все ступеньки абстрагирования вплоть до самых высоких. Создание такого курса — дело ближайшего будущего, а пока можно пойти следующим очевидным путем.

Следует значительно увеличить долю лабораторных работ самого разного типа. В обсуждаемом учебнике лабораторные работы не выделены в отдельный блок, а включены в канву материала на равных с задачами теоретического содержания.

Наряду с традиционными работами, требующими стандартного школьного оборудования, в курс включены и такие, которые каждый ученик может выполнить дома с помощью подручных средств. Проведение лабораторных работ должно быть не эпизодом в учебном процессе, а постоянной и постоянной составляющей, в том числе и домашних заданий. Со временем мы разработаем систему экспериментальных заданий так, чтобы весь школьный эксперимент переместить на парту ученика и его рабочий стол дома, чтобы положить опыт в основу обучения не на словах, а на деле.

Думаю, полезно несколько ослабить жесткие требования к оформлению лабораторных работ (отдельные тетради, стандартная форма, всевозможные подчеркивания и т. п.), сосредоточив внимание учеников на главном. А главное — ясно видеть цель, наметить пути ее достижения, избежать

грубых промахов и правильно оценить достоверность результата.

Цель работы, реализацию цели и возможные промахи полезно обсудить коллективно до выполнения работы, а уже при выполнении постоянно возвращать к ним мысль ребят. Тогда работа не превратится в механическое действие по заранее разработанному и предложенному плану, а будет поиском, работой мысли. Именно поэтому в учебнике я не даю детального плана, а лишь намечаю ход работы в самых общих чертах и предупреждаю о некоторых возможных промахах.

Оценка погрешности, достоверности результата — трудный творческий процесс. Обычно ученики, если их спрашивают об этом, отделяются сакраментальным: «Приборы неточные». Нужно объяснить ребятам, что без оценки достоверности результата экспериментальная работа вообще лишена смысла, что оценка погрешности — дело творческое, нестандартное, зависящее и от качества приборов, и от процесса измерения, числа результатов и от многого другого. Надеюсь, что мы ненавязчиво приучим ребят к необходимости оценки погрешности уже в пропедевтическом курсе VII—VIII классов, который сейчас создается.

В обсуждаемом учебнике этому вопросу посвящен § 6, к которому нужно постоянно отсылать учеников при выполнении лабораторных работ. На I уровне можно ограничиться погрешностью считывания (половина цены деления), лишь упомянув о погрешности, связанной с процедурой измерения. На II и III уровнях нужно дать представление об абсолютной и относительной погрешности и более глубоко обрабатывать и обсуждать результаты.

Процедура оценки погрешности подробно обсуждена в методической литературе (например, Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. — М.: Мир, 1985; Фстисов В. А. Оценка точности измерения в курсе физики средней школы. — М.: Просвещение, 1992).

Учителя физики по-разному включают лабораторные работы в канву темы, чаще всего в ее завершающий этап. Вряд ли это оправдано для всех работ. В книге лабораторные работы и опыты «привязаны» к тем фрагментам текста, где их выполнение уместно и в максимальной степени способствует пониманию и закреплению материала. Такой порядок, разумеется, не единственно возможный, и учитель вправе сам определять план изучения темы во всех деталях, лишь бы этот план обеспечил успех обучения.

Подробнее содержание лабораторных работ рассмотрим при анализе отдельных глав.

IV. О ЗАДАЧАХ

Пробный учебник насыщен задачами самого разного содержания. В основном это задачи для объяснения и закрепления конкретной мысли, изложенной в предшествующем абзаце. Меньше задач обобщающего характера, в решении которых используется весь материал темы или нескольких тем. Задач такого типа много в известных задачниках Н. И. Гольдфарба, В. Г. Зубова и других, так что этот недостаток учебника легко компенсируется. Кроме того, разрабатываются контрольные тесты по отдельным темам и всему курсу механики, содержащие задания обобщающего типа.

Содержание задач в действующих учебниках нуждается, на мой взгляд, в серьезном пересмотре. В дополнение к п. 4 раздела I, где уже шла об этом речь, добавлю следующее.

Задачи будут работать на единство схемы и действительности в том случае, если содержание их строится на материале повседневной жизни учеников. Нужно отобрать те явления, практический смысл которых хорошо усвоен учениками в повседневности: движение (ходьба, бег) человека и животных, перемещение предметов, спортивные игры и упражнения, цирковые представления, письмо и т. п. Законы механики, по существу, интериоризованы в мышечном движении, и остается лишь перевести их на уровень сознания.

Трудность в том, что реальные движения далеки от физических моделей, содержат много привходящих факторов (в основном изменение коэффициента трения, жесткости и особенности, связанные с тем, что тела не являются материальными точками). Их описание в «чистом виде» ($x = x_0 \pm vt$ или $x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$) приводит к значительным погрешностям в предсказаниях, которые ученики сразу замечают. Вместо того чтобы объяснить смысл различий и тем самым еще и еще раз толковать суть физики, мы предлагаем ученикам идеализированные и далекие от их повседневной практики модели, снижая уровень интереса и отдаляя физическое знание от реальности.

Можно пойти двумя путями в подборе задач на основе материала повседневной практики: отобрать явления, наиболее близкие к модели того или иного движения, и специально давать задачи, для которых модель построить трудно, чтобы расхождение реального результата и предсказания на ос-

новые формулы было поводом для дискуссии. И то и другое полезно (второе — в меру) и используется в учебнике.

Во многих задачах достаточно лишь оценки значения той или иной величины. На это нужно обратить внимание учеников и обязательно подчеркнуть роль физики как путеводной нити в практических исследованиях, в технике, где основной познавательный метод — моделирование.

При получении количественных результатов следует правильно округлять ответ, ориентируясь на количество значащих цифр в исходных данных (в ответе количество значащих цифр не должно превышать количества значащих цифр в исходных данных). При этом в учебнике принимаем, что все напечатанные цифры достоверны или достоверны цифры сомножителя 10^n . Например: $a = 13,0 \cdot 10^4$ — три достоверные цифры.

Полезно приучать школьников к анализу ответа по предельным случаям (II и III уровни). Для этого нужно не только получить ответ в общем виде, но и привести его к виду, удобному для анализа. Математика (техника преобразований) отнимает при этом немало времени, и нередко математические трудности начинают затмевать физический смысл задачи. Ясно, что осваивать анализ результата нужно постепенно, обязательно проводить его в задачах всех уровней (I, II, III), где это уместно.

Очень полезны задачи, исходные данные для которых ученики должны получить сами, исходя из личной практики (оценки величин) или путем измерений, в том числе и по рисункам. Какие именно измерения проводить — дополнительная трудность для ученика, а выясняет он это только решив задачу в общем виде. Таким образом, происходит закрепление общего алгоритма решения физических задач: модель явления → описание (система уравнений) → решение системы → расчет (вычисление).

Стало неоправданной традицией начинать решение задачи с выписки данных и заканчивать решение расчетом, который является чисто технической частью и к пониманию физического смысла ничего не добавляет, разве что полученное численное значение той или иной величины может удивить ученика, и только.

Целесообразнее вначале выяснить физический смысл явления, понять, какие законы проявляются в данной ситуации, и записать эти законы применительно к ней. Затем решение системы уравнений относительно неизвестных, анализ ответа по предельным случаям — и задачу можно считать в принципе решенной.

Рассмотрим в качестве примера решение задачи У. 3 § 19.

СО связываем с землей; начало координат совмещаем с начальным положением вагона и провожающего. Вагон совершает РУД: $v_{ox}=0$; $a_x=a$. Провожающий совершает РПД: $v_{x_1}=v_1$.

Зависимость координаты от времени:

$$\begin{cases} x = v_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{at^2}{2} & \text{для вагона,} \\ x_1 = v_{x_1}t = v_1 t & \text{для провожающего.} \end{cases}$$

Встреча означает равенство координат: $x = x_1$.

Таким образом, для получения ответа необходимо решить систему уравнений:
$$\begin{cases} x = \frac{at^2}{2}, \\ x_1 = v_1 t, \\ x = x_1. \end{cases}$$

Если ученик проделал эту работу, то я бы счел задачу решенной и оценил его действия на «отлично». В данном примере решение системы не представляет большой трудности, с этим легко справится средний ученик:

$$\frac{at^2}{2} = v_1 t \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 0, \\ t_2 = \frac{2v_1}{a}; \end{cases} \quad x = x_1 = \frac{2v_1^2}{a},$$

$$\begin{cases} v_1 = 2 \text{ м/с,} \\ a = 0,2 \text{ м/с}^2 \end{cases} \text{ и расчет: } t = \frac{2 \cdot 2 \text{ м/с}}{0,2 \text{ м/с}^2} = 20 \text{ с; } x = 40 \text{ м.}$$

Подчеркнутые нули — недостоверные цифры.

Последняя часть решения (решение системы и расчет) — чисто математическая процедура, разве что правильное округление численного ответа и анализ по частным и предельным случаям могут представлять интерес для физики. Но я, постепенно приучая учеников к исчерпывающему решению, включая математическую часть, все же всякий раз четко отделял бы математические трудности от физических и не карал бы жестко за ошибки в преобразованиях и расчетах; оценил бы вторую часть отдельной оценкой и подумал, стоит ли переносить низкую оценку в журнал на страницу «физика».

Учитывая сказанное, предлагаю формулировать задачи так, чтобы ученик начинал решение с построения и описания модели и лишь в самом конце преодолевал математические

трудности, связанные с преобразованиями и вычислениями, четко отделяя их от трудностей физического характера. Именно поэтому почти везде численные значения величин я привожу в конце текста задачи в скобках.

Задачи, данные для которых ученик должен получить сам, особенно полезны в этом отношении: решение их (физическая часть) неминуемо предшествует получению данных и вычислению.

На базовом уровне нужно предлагать много задач, решая которые ребята учатся ориентироваться в численных значениях величин: «Какова ваша скорость при ходьбе? При беге?»; «Какова самая большая скорость, которой вы достигали?» и т. д. и т. п. — о расстоянии, времени, скорости, ускорении, массе, силе, импульсе, энергии... И не будем считать такие задачи слишком простыми. Для школьников, впервые сталкивающихся с формальным языком физики, трудно все, даже лексика, и с помощью совсем простых упражнений нужно дать им возможность привыкнуть к новому.

Истинное обучение во все времена представляло собой последовательное решение проблем, которые учитель ставит перед учеником, но не заучивание и тем более не подмену физического смысла трудностями иного характера. Хорошо понимая это, мы и должны пересмотреть характер изложения материала, подборку задач в учебниках и задачниках.

V. СТИЛЬ РАБОТЫ С УЧЕБНИКОМ

Задача гуманизации и гуманитаризации учебного процесса многопланова. Ее решение в равной степени затрагивает обновление программ, содержание и стиль учебников, изменение характера учебных занятий.

При определении стиля учебника я учитывал разный уровень интереса учащихся к предмету, определяющий выбор того или иного уровня обучения. Соответственно отличается язык I, II и III уровней. Свободный и достаточно эмоциональный (для учебника) на I базовом уровне, он становится строже, лаконичнее, формальней на более высоких уровнях — ведь для учащихся (II, III) интерес представляет собственно физика, ее конкретные результаты.

Если на I уровне обучение лучше вести в форме дискуссии, сократической беседы (см.: Балашов М. М. Методические рекомендации по преподаванию физики в VII—VIII классах средней школы.— М.: Просвещение, 1991), то на II и особенно на III уровне акцент стоит перенести на самостоятель-

ную работу. При этом учитель выполняет роль консультанта и советчика. Материал изложен так, чтобы максимально помочь ученику организовать самообучение, включая своевременное выполнение упражнений и лабораторных работ.

Дифференцирование и интегрирование следует осваивать также постепенно, давая возможность привыкнуть и усвоить каждый этап и вводя новые детали по мере необходимости для решения задач.

Дифференцирование трактуем как операцию определения скорости изменения функции в точке или, в приложении к механике, мгновенной скорости \vec{v} . Ступеньки освоения понятия таковы: а) различие малой (Δt , Δx) и бесконечно малой (dt , dx) величины; б) процедура определения производной $\frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ и ее иллюстрация на примере $x = kt^2$; в) определение производной степенной функции $y = kx^n$ для $n = 1$; 2; для более высоких степеней результат просто обобщить; г) закрепление операции $v_x = x'_t = \frac{dx}{dt} = knt^{n-1}$ на многочисленных примерах; д) определение мгновенного ускорения $a_x = v'_{x_t} = \frac{dv_x}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$ и закрепление операции; е) геометрический смысл производной и его использование для построения графиков движения; ж) использование производной для определения экстремумов; з) производная сложной функции.

Операцию дифференцирования учащиеся осваивают без заметных трудностей, ведь наиболее трудную и существенную часть — доказательство теорем существования — мы обходим.

Интегрирование на первых порах трактуем как операцию, обратную дифференцированию (определение первообразной): $\int f(x) dx = F(x) + C$, хотя ничто не мешает раскрыть геометрический смысл интеграла и трактовать его как операцию суммирования бесконечного количества бесконечно малых.

Подчеркните различие неопределенного и определенного интеграла: неопределенный интеграл определяется с точностью до константы C (значение константы можно определить по начальным условиям); определенный интеграл есть разность значений первообразной при значениях переменной, равных верхнему и нижнему пределам интегрирования

$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$. Другими словами, неопределенный ин-

теграл дает (применительно к кинематике) зависимость величины от времени ($v(t)$; $s(t)$), а определенный — изменение величины за промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$ (t_2, t_1 — пределы интегрирования).

Владение приемами дифференцирования и интегрирования заметно облегчает и ускоряет получение результатов, как владение инструментом облегчает, скажем, столярные работы. Значительно расширяется круг задач, а структура курса механики приобретает стройную завершенность, лишённую всяких «излишеств», возникающих при необходимости «обходить» операции, неявно и многословно толковать их. Идеи же дифференциального и интегрального исчисления настолько просты, что их изучение не вызывает заметных смысловых трудностей, больше отпугивает обилием новой терминологии.

Некоторые вопросы III уровня требуют более подробного толкования, например логарифмическая и показательная функции, решение дифференциальных уравнений, некоторые другие. Имеет смысл организовать опережающее обучение по этим математическим проблемам на дополнительных занятиях на базе учебников математики IX—XI классов. Только так можно отработать технику дифференцирования и интегрирования, чтобы довести эти методы до уровня инструмента, техники решения физических задач. Очень полезны в этом отношении соответствующие публикации в журнале «Квант» и книга Я. Зельдовича «Высшая математика для начинающих».

Объем учебника не позволяет поместить достаточное количество упражнений по технике дифференцирования, интегрирования, поэтому нужно расширить круг задач, взяв их, например, из: Гинзбург В. Л., Левин Л. М., Стрелков М. П., Сивухин Д. В., Хайкин С. Э., Эльцин И. А., Яковлев И. А. Сборник задач по общему курсу физики.— М.: Наука, 1976—1977 (серия брошюр по отдельным разделам курса, в том числе и сборник задач по механике).

Обучение на III уровне вообще стоит проводить вне урока и индивидуально. Это нетрудно, поскольку талантливых учеников, глубоко интересующихся физикой, немного.

Полезно широко использовать хорошо известные формы работы, активизирующие познавательный интерес и развивающие речь: семинары, конференции, индивидуальные творческие задания теоретического, практического и экспериментального содержания, чтение и реферирование дополнительной литературы, выпуск специальных газет и журналов, конкурс на лучшую работу по той или иной теме, даже

соревнования (союз спорта и науки), компьютерные игры физического содержания и др.

Гуманизация и гуманитаризация учебного процесса останется лозунгом до тех пор, пока, используя все мыслимые возможности, мы не найдем путь к душе и разуму каждого нашего ученика, не затронем эмоциональную, умственную и нравственную сферу его личности. Определяя содержание и уровень естественнонаучного образования, полезно помнить предупреждение А. Эйнштейна: «Мало того, что отдельные результаты признаются, разрабатываются и применяются немногими специалистами. То обстоятельство, что научные знания являются достоянием лишь маленькой группы людей, снижает философский уровень народа, приводит к духовному оскудению».

Рассмотрим содержание и особенности отдельных глав.

I. ВВЕДЕНИЕ

Главная задача — познакомить учеников с основными понятиями, указать место науки в познании и место физики в семействе наук. Следует показать, что физика (ее метод и язык) появилась в практике повседневной деятельности, использует обычные, но доведенные до высокой степени совершенства методы познания. Физическое знание, как и любое другое, не является истиной в последней инстанции, оно справедливо только в границах применимости, при определенных условиях и может уточняться по мере накопления нового опыта. При этом нужно как можно чаще апеллировать к личному опыту учащихся, которого более чем достаточно, чтобы пояснить любую мысль!

Принципиально важен рассказ о модели и ее описании, о погрешности, о степени достоверности физического знания. Все эти идеи получают развитие при изучении отдельных разделов механики.

В первую главу включены сведения о пространстве, времени и относительности как основополагающих положениях физики.

В целом глава является вводной и не содержит информации для заучивания и тщательной отработки. Лучше ограничиться чтением и обсуждением упражнений, а впоследствии постоянно возвращаться к тому или иному материалу. Соответствующие ссылки содержатся в последующих главах и параграфах.

Исключение составляют § 6, 8, 9, содержащие материал

для запоминания (метод координат, вектор и проекции, тригонометрические функции, оценка погрешности). Но и при изучении этого материала не следует настаивать на прочном запоминании при первом чтении, а организовать ненавязчивое усвоение постоянными упражнениями в продолжение всего курса. На первых порах трех-четырех предварительных упражнений вполне достаточно.

Упражнения § 1—5 и отдельные упражнения других параграфов предназначены не для исчерпывающего решения с однозначным ответом, а для дискуссии, обсуждения. На таких упражнениях отрабатывается речь, логика, усваивается лексика, побуждается мысль и фантазия, осмысливается личный опыт.

Приведу ответы к некоторым упражнениям:

§ 1. У. 3. Подготовьте несколько вариантов зрительных иллюзий. Они широко известны. Природа иллюзий различна. Зрительные иллюзии связаны с целостным восприятием изображений, сменой контраста (волчок Ньютона), дополнительным цветовым восприятием, инерцией зрения. Слуховые иллюзии (типа галлюцинаций) возникают при действии слабого раздражителя. Не углубляясь особенно в природу иллюзий, подчеркните главное — органам чувств можно доверять не всегда, так как сознание корректирует восприятие, и лучше иметь бесстрастные приборы, поставляющие объективную информацию о различных сторонах явлений.

У. 4. Растолкуйте слово «рациональное».

У. 8. Задача о мудрецах. Нужно, представив себя одним из них, составить цепочку рассуждений последовательно за каждого. Начинаем от противного. Мудрец 1: «Допустим, что на мне — черный колпак. Тогда мой сосед 2 видит черный и белый колпак и справедливо полагает, тоже от противного, что если бы на нем был черный колпак, то мудрец 3 мигом догадается, что на нем — белый. Но мудрец 3 молчит. В этом случае, немного послушав молчание 3-го, 2-й должен заявить, что на нем — не черный. Но и он молчит. Ничего не остается: на мне — белый, иначе мои умные соперники быстро нашли бы ответ. Но они долго думают, значит — не зря».

В задаче 2 вопрос может быть таким: «Вы живете в этой деревне?» В деревне лгунов единственный ответ — «нет», кто бы ни встретился. У правдивых ответ — «да».

У. 9. Существует свернутый внутренний язык, состоящий как бы из блоков слов. На нем и «проговаривается» любая мысль, естественно, быстрее, чем при воспроизведении всех слов подряд.

У. 12. Разный по объему и качеству опыт молодых и старых наполняет одни и те же понятия смыслом разной глубины. «Конфликт поколений» объясняется тем, что старым трудно изменить представления о Мире, построенные на прежнем опыте. Понятен и протест молодых, отстаивающих право на собственное видение действительности, хотя опыт их еще и недостаточен.

Главная мысль параграфа сформулирована в эпиграфе и более пространно может быть выражена так: полнота представлений о Мире зависит от объема и качества опыта, а истинность этих представлений проверяется опытом. Новые впечатления, представления, мысли обогащают и корректируют наше мировоззрение, и не нужно жалеть времени на приобретение нового опыта и критическое освоение опыта предшествующих поколений.

§ 2. Основная мысль: научный способ познания не является чем-то особенным и непостижимым; он вырос из мифологии и вобрал в себя логичную практичность метода проб и ошибок и вдохновение художественного творчества.

У. 2. Многие животные используют метод проб и ошибок, но в их действиях отсутствует логика, только закрепленные инстинкты (например: «целесообразные» действия пчел, муравьев и т. п.).

Обсуждая метод проб и ошибок, расскажите, что Эдисон, изобретая нить накала лампочки, перепробовал несколько сотен материалов.

У. 3. Очень сложный вопрос, ибо религия — это философия и мифология, образ жизни и глубоко личное творчество. Обсуждая вопрос, нужно избежать крайностей: ханжества, религиозного мракобесия, атеистического угара и т. п. и отнестись к религии с предельным уважением как к мировоззрению, выдержавшему многотысячелетнюю проверку временем. Все выдающиеся люди были религиозны, если предмет веры понимать шире, чем догматы христианства, ислама, буддизма. Нужно хорошо подготовиться к обсуждению и не избегать острых вопросов. Если вы не чувствуете себя готовым к такому разговору, отложите его на год-другой.

§ 3. Основная мысль: физика — фундамент естествознания, так как в рамках физики исследуются наиболее общие свойства Природы. Трудность в том, что эти свойства неявны, скрыты за миром вещей и событий, их описание требует особого языка, гарантирующего достаточную точность проверки и предсказаний.

§ 4. Обсуждается вопрос, очень важный для формирования мировоззрения. Явления бесконечно сложны, и нам не

остается ничего другого, как построить модель явления, исследовать существенные для изучения стороны, пренебречь остальным. Иначе познание невозможно. Ребятам полезно узнать, что такова же основа их повседневного познания Мира и людей. Основа для построения модели — условие задачи.

У. 3. Можно выполнить в классе с бруском (книгой).

У. 6. Прыжки в воду с вышки, гимнастика.

У. 9. Два оборота.

§ 5. Язык — это система символов для передачи информации от человека к человеку. Язык физики позаимствовал в практике исчерпывающую точность понятий (толкование) и выражение свойств тел и явлений числами.

§ 6. Основная мысль: физическая величина выражается числом при прямых или косвенных измерениях. Неизбежная погрешность измерений «маскирует» закон, который по существу нужно угадать. Это легче сделать, если погрешность минимальная. Изучаются простейшие способы оценки погрешности. Подчеркните: только оценки.

Деление материала на уровни сделано условно, и вы можете поменять границы уровней, сообразуясь с качеством подготовки учащихся.

К материалу этого параграфа нужно систематически возвращаться в течение всего учебного года.

Об оценке погрешности в курсе физики средней школы читайте в журнале «Физика в школе». — 1990. — № 2.

§ 7. Этот параграф можно предложить прочитать желающим.

§ 8. «Нам, физикам, ежедневно приходится иметь дело со временем, но не спрашивайте меня, что такое время. Это настолько сложно, что даже трудно об этом думать» (Р. Фейнман).

Не нужно делать вид, что физикам все ясно и понятно. Напротив, нужно честно обрисовать круг проблем и представить физику такой, какая она есть: идеальная картина реального Мира. Основные понятия физики (пространство и время) в рамках классической механики не толкуются вообще. Их определение сводится к процедуре измерения, которая неявно постулирует целый ряд свойств времени и пространства исключительно из соображений здравого смысла.

У. 1. Пусть каждый ученик даст ответ на этот вопрос.

У. 4. Подчеркните, что оси координат не делают из нитей или стержней, как предлагается в данном упражнении, а проводят символически.

У. 11. Равномерность течения времени, его абсолютность,

отсутствие связи с пространством, смысл одновременности; инвариантность длины отрезка, евклидова геометрия пространства. Можно предложить дополнительный вопрос для более глубокого анализа процедуры измерения (II и III уровни): как измерить длину движущегося вагона? При анализе обратите внимание на максимальную скорость передачи сигнала c .

Занятие по тригонометрическим функциям лучше провести дополнительно, вне основного урока, и насытить его практическими задачами типа У. 14. Например: определите угол наклона диагонали тетрадного листа к стороне. Расчеты полезно проверять измерениями углов транспортиром.

§ 9. О важности вопроса говорить излишне. Настаивайте на выполнении всех практических заданий (У. 3, 6, ...). В целом разговор об относительности (как и содержание всей главы) имеет предварительный характер, получающий развитие и закрепление в дальнейшем, так что не требуйте заучивания и пересказа, а добивайтесь понимания основной мысли.

У. 7. Автомобиль мысленно «привязан» к окружающим телам: шоссе, деревьям и т. п., которые смещаются вместе с ним, тогда как самолет на фоне неба воспринимается как отдельное тело.

Разговор об изменении величин Δx , Δt , $\Delta \vec{r}$ прямо не касается темы данного параграфа, хотя можно и связать их, поставив вопрос: в одной СО получены значения Δx , Δt , $\Delta \vec{r}$; будут ли они такими же при наблюдении из другой СО? Выделять этот материал в отдельный параграф не имело смысла. Поясните это учащимся, если у них возникнет вопрос, почему речь зашла о бесконечно малых именно в данном параграфе.

Обсуждение апорий Зенона — лучшее средство для усвоения основной идеи дифференциального исчисления.

Изучение первой главы можно завершить контрольной работой, связанной с проведением измерений отрезков пространства, промежутков времени и оценкой погрешности прямых (I) и косвенных (II, III) измерений. Лучше, если задачи будут связаны с повседневной практикой учащихся.

II. КИНЕМАТИКА

Кинематика сложна для восприятия. Причина понятна: обилие математики (алгебра, геометрия, тригонометрия в полном объеме). Упрощение же математического аппарата выхолащивает суть кинематики — классификацию движений и описание моделей. Если отказаться от координатного метода и ограничиться только классификацией по форме траекто-

рии и характеру изменения скорости, то круг задач, предлагаемых для решения, становится настолько узким и примитивным, что пропадает развивающий аспект знания.

Так или иначе, но нужно искать «золотую середину» и преподнести кинематику так, чтобы сохранить ее познавательное и развивающее значение, сделать доступной, интересной, воспринимаемой, дидактичной.

В учебнике сделана попытка представить кинематику наукой экспериментальной, все результаты которой суть обобщение и идеализация данных, полученных из опыта. Экспериментальный подход оживляет учебный процесс и создает совершенно необходимый мостик между реальностью и ее математической моделью.

Последовательно проводится общий взгляд на кинематику как классификацию движений (заполнение схемы в конце каждого параграфа). Введение новой величины (скорости, ускорения) что-то добавляет к этой классификации. Такие идеи обобщающего характера очень способствуют произвольному запоминанию результатов.

В кинематике велика роль иллюстраций. Нужно не просто вскользь взглянуть на рисунок, а разглядывать его, работать с ним, как с текстом, стараться уловить все детали. Полезны в этом смысле такие упражнения, как рассказ по картинке (воспроизведение формальной схемы событий, изображенных на рисунке) и обратная задача: по схеме описать (словами, рисунком) реальную ситуацию, близкую к данной модели.

Обращаю внимание на данные для вычислений в задачах. Мы договорились (см. § 6 гл. I), что значения данных, как правило, приведены с точностью до последней цифры. Однако есть и точные по смыслу цифры. Понимание этого факта позволит правильно округлять ответ и избегать лишних вычислений. Поэтому в каждой задаче, связанной с расчетами, нужно проводить такой анализ (ограничиваясь пересчетом значащих цифр).

Все задачи, приведенные в учебнике, нужно обязательно помогать решить, либо показывать решение целиком, либо обсуждать его вместе с учащимися, либо давать краткий комментарий к задаче, предлагаемой для самостоятельного решения.

Именно в кинематике учащимся обычно предлагают много идеализированных задач (описание моделей), чтобы отработать формулы. Нужно постепенно отходить от этого, подбирать задания, тесно связанные с практикой учащихся.

Очень полезна демонстрация идеализированных движений (воспроизведение моделей) на компьютере. Соответст-

вующие программы чрезвычайно просты, их могут написать сами учащиеся.

Если у учителя есть возможность, то полезно сделать комплект стробоскопических фотографий движений и предложить их для обработки в качестве лабораторных работ.

§ 10. У. 5. Это же легко сделать с помощью компьютера.

У. 7. Диск не является абсолютно гладким.

Рассказывая о работах Птолемея и Аристотеля, подчеркните различие смысла работ: Аристотель предлагает принципы классификации движений (естественные и принудительные, небесные и подлунные), а Птолемей дает описание движения небесных тел.

§ 11. Учащиеся (I) здесь впервые сталкиваются с понятием вектора. Сообщите только главное: вектор характеризуется длиной (модулем) и направлением, и если что-то из этого не задано, то невозможно вынести определенное суждение о перемещении (приведите примеры). Сложение векторов не вызывает затруднений. На I уровне ограничьтесь графическим вариантом (без проекций), самое большее — вычислением s_0 по теореме Пифагора ($\vec{s}_1 \perp \vec{s}_2$).

На I уровне достаточно познакомить ребят лишь с идеей работы Коперника, а математическую обработку сложения перемещений предложить на уровнях II и III.

§ 12. Все опыты (B1— B5) нужно сделать либо во фронтальном, либо в демонстрационном варианте. Основное содержание дальнейшей работы — обработка результатов этих опытов, и если самих опытов не будет, то и работа приобретет формальный, математический характер, что недопустимо.

К постановке и отработке опытов привлечите заинтересованных учеников. Они, не сомневаюсь, предложат много новых идей.

Все опыты на данном уроке, разумеется, в полном объеме проводить не нужно. Только опыт с трубкой необходимо довести до конца: получить результаты и отработать их («кто уловит закон?»). Остальные опыты нужно показать в той мере, чтобы убедительно продемонстрировать главную идею: изучить движение — значит найти способ зафиксировать положение тела в пространстве через определенные промежутки времени и показать, как именно это можно реализовать практически.

Анализ результатов фронтального опыта с трубкой (B4) приводит к открытию модели РПД. На одном из уроков можно закрепить эти практические знания (B1).

§ 13. При рассмотрении понятия мгновенной скорости можно вернуться к апории Зенона о летящей стреле.

У. 7, 8. Лучше выполнять их коллективно, в форме дискуссии.

У. 17. Его можно предложить для самостоятельного решения после изучения графической «заготовки».

У. 18. Из точки A провести касательную к окружности и из точки B провести вектор в точку касания.

У. 21. Связать СО с одним из кораблей, определить скорость другого корабля в этой СО по изучаемому закону. Получим: корабль 1 стоит (точка), корабль 2 движется (линия). Минимальное расстояние — длина перпендикуляра, опущенного из точки на линию. Подчеркните: в механике Ньютона длина отрезка абсолютна, не зависит от выбора СО.

Учащимся (III) нужно показать вычисление одной из производных. Например: $x = kt^2$; $x_1 = k(t + \Delta t)^2$;

$$\Delta x = x_1 - x = k[(t + \Delta t)^2 - t^2] = k(2t\Delta t + (\Delta t)^2);$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = k \frac{2t\Delta t + (\Delta t)^2}{\Delta t} = 2kt + \Delta t;$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = x'_t = 2kt.$$

Формулы производных других функций лучше вводить по мере необходимости, при решении соответствующих задач, и постепенно заполнять таблицу.

Добавьте упражнения типа У. 23 или просто чисто математические задания. Не слишком теоретизируя, надо донести главное: производная — это скорость изменения функции в точке.

§ 14. Ускорение — это скорость изменения скорости — вот самое главное. Для учащихся (I) достаточно уметь определять, когда тело обладает ускорением. Если учащиеся слабо подготовлены, то можно опустить количественную оценку.

У. 4. При ударах.

При изучении торможения по прямой учащиеся (I) впервые знакомятся с понятием проекции вектора. Здесь и в дальнейшем я следую совету Д. Карнеги: «Переживать неприятности по мере их поступления» — и ввожу понятия только тогда, когда этого требует физика.

Процедуру вычитания векторов можно сделать однократно и не требовать от учеников ее воспроизведения. Достаточно запомнить, как направлено ускорение в рассматриваемых случаях.

Рисунок при переходе к уровню II нужно рассмотреть очень внимательно, с точностью до длины стрелок.

В III уровне именно такой способ определения \vec{a}_c выбран потому, что процедура содержит сведение о замечательном пределе: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$. Этот факт широко используется при решении задач. Полезно обратить на него внимание.

У. 20. Помогите ученикам определить скорость тела в вершине параболы: $v = v_0 \cos \alpha$.

§ 15. Как движение идентифицировать с моделью РУД? Покажите, что экспериментально это сделать нелегко, но можно. Уделите внимание знакам проекций a_x и v_x . Подчеркните договоренность: $OX \uparrow \uparrow \vec{v}_0$ и существенность этой договоренности.

Нужно ли учащимся на базовом уровне изучать $s_x = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$? Вряд ли. Лучше сообщить им простой экспериментальный факт на базе опытов В2, В5: $s \sim t^2$ ($v_0 = 0$). И достаточно.

Для учеников (III) вводим представление об интеграле, для начала как об операции, обратной дифференцированию, определения первообразной. Геометрический смысл интеграла раскроем в дальнейшем там, где это будет полезно. Как обычно, потренируйте учеников (III) на простейших задачах. Если вас такой подход не устраивает, то покажите геометрический смысл здесь же, материал для этого есть.

§ 16. Предлагаемая экспериментальная установка (ее стоит сделать!) позволяет тиражировать «автограф» маятника и дать каждому ученику кусочек ленты для анализа (определение A , T , v). В своей практике я использовал также пружинный маятник с Г-образным рычагом для преобразования вертикальных колебаний в горизонтальные колебания трубки с фломастером. Трубка крепится к вертикальному плечу рычага, а маятник с массивным грузом — к горизонтальному плечу. Такой вариант установки компактнее. Для установки подойдут пружина от прибора «Ведро Архимеда» и груз массой $m = 5$ кг из стандартного набора. Рычаги с удовольствием изготовят школьные умельцы. Все крепится с помощью лабораторного и универсального штативов.

§ 17. У. 1. Бросить сначала развернутый лист, а затем скомканный.

У. 2. Положить легкие тела (лист бумаги, перо) на книгу, чтобы сопротивление воздуха не сказывалось на их движении, и опустить таким образом. Тела падают, не отрываясь от книги.

У. 3. Независимость периода колебаний груза на нити от массы.

У. 7. Подчеркните различие отношений высот и времен: $h_2:h_1=9$; $t_2:t_1=3$. Понятно: $s \sim t^2$ ($v_0=0$).

Из материала II уровня в I следует включить только вопрос о первой космической скорости. Такая перестановка создает некоторое неудобство, и я старался избежать ее, но, по-видимому, она неизбежна при согласовании логики изложения и распределения материала по уровням.

§ 18. При изучении материала на базовом уровне считаю возможным ограничиться приемом Галилея. Обратите внимание учащихся, что в принципе \vec{v}_0 можно разложить на составляющие ($\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$) бесконечным количеством способов, подобно тому как число, например 2, можно представить суммой двух чисел как угодно ($2=5-3$; $2=-4,5+6,5$ и т. д.). Не торопясь покажите 3—4 варианта, среди них и вариант Галилея. Подчеркните, что выбор определяется направлением ускорения \vec{g} : $g_x=0$; $g_y=-g \Rightarrow \vec{v}_r = \text{const}$; $\vec{v}_B \neq \text{const}$.

В базовом уровне можно ограничиться только выяснением формы траектории, а также включить в него У. 8 и У. 9.

Задачи У. 12 очень сложны в получении и математической обработке результатов, оценке погрешности, поэтому целесообразно отнести их к III уровню.

§ 19. Изучается лишь на II и III уровнях.

У. 6. Удобнее решать задачу в СО, связанной с поездом.

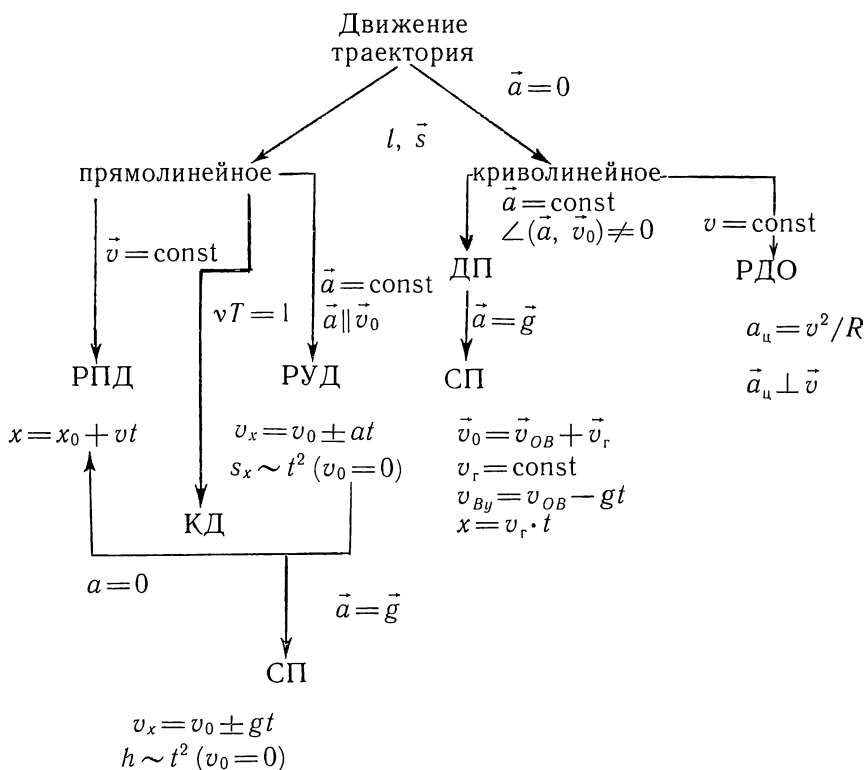
У. 8, 9. Рассмотреть явления в СО, которая свободно падает.

У. 10. Задачу полезно решить и в СО, связанной с землей, и в СО, связанной с колонной, и подчеркнуть значение выбора СО для более рационального решения.

У. 11. Рассмотрим задачу в СО, связанной с течением. Если стартуют по течению, то «победит» слабый, так как мост движется навстречу пловцам, а к месту, где был мост при старте, пловцы вернулись бы одновременно.

Решая задачи, старайтесь добиться, чтобы учащиеся видели главную задачу в описании явления в обдуманно выбранной СО, т. е. умели составить систему уравнений («математический портрет» явлений). Нужно отделить физические трудности от математических. В этом отношении, как уже упоминалось, полезны задачи вообще без данных, где цель — составить описание. Лучше предлагать задачи по рисункам. Задачник такого типа мы сейчас готовим.

§ 20. Обобщающую таблицу лучше сначала заполнить, включив в нее знания, отнесенные к I уровню, а затем добавить формулы, изученные на II уровне:



Для II уровня добавить описание гармонических колебаний ($a_x = -\omega^2 \cdot x$; $x = A \cos \omega t$; $v_x = -A\omega \sin \omega t$; $a_x = -A\omega^2 \cos \omega t$), зависимость перемещения от времени (от скорости) при РУД ($s_x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$; $s_x = \frac{v_2 - v_0^2}{\pm 2a}$; $s_1:s_2:\dots = 1:3:\dots$ при $v_0 = 0$), описание ДП в проекциях ($v_{ox} = v_x = v_0 \cos \alpha$; $v_y = v_{oy} - at = v_0 \sin \alpha - at$, если $a_x = 0$, $a_y = -a$, $y = v_{oy}t - \frac{at^2}{2}$; $y = Ax - Bx^2$; $\text{tg } \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \alpha - at}{v_0 \cdot \cos \alpha}$), покажите связь РДО и КД.

Для учащихся (II, III) нужно записать уравнение движения с постоянным ускорением в общем виде: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ и $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$ — и подчеркнуть, что остальное зависит от выбора СО, в зависимости от СО общие векторные уравне-

Движение

$\vec{a} = \text{const}$ $t; \vec{r}$ $\vec{a} \neq \text{const}$ ДО

$$\begin{aligned} \vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{a}t \\ \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \vec{a}_n + \vec{a}_\tau \\ a_n &= \frac{v^2}{R}; \quad a_\tau = \frac{dv}{dt} \\ a &= \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} \end{aligned}$$

$\downarrow a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$

РДО

$$\begin{aligned} \vec{a}_n &\perp \vec{v} \\ a_n &= \frac{v^2}{R} \end{aligned}$$

\downarrow ГKD

$$\begin{aligned} x &= x_0 \cos \omega t \\ v_x &= \frac{dx}{dt} = -x_0 \omega \sin \omega t \\ a_x &= \frac{dv_x}{dt} = -x_0 \omega^2 \cos \omega t \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} \end{aligned}$$

выбор СО

$$\begin{aligned} \vec{a} \parallel \vec{v}_0 \\ ox \parallel \vec{v}_0 \end{aligned}$$

$$\angle(\vec{a}_0, \vec{v}_0) = 0^\circ, 180^\circ$$

ДП

РПД

$$\begin{aligned} v_x &= v_{ox} + a_x t \\ x &= x_0 + v_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2} \end{aligned}$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{ox}^2}{2a_x}$$

\downarrow РПД

$$\begin{aligned} v_x &= v_{ox} \\ x &= x_0 + v_{ox}t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{ox} &= v_0 \cos \alpha \\ v_{oy} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{cases} v_x = v_{ox} \\ v_y = v_{oy} + a_y t \\ x = x_0 + v_{ox}t \\ y = y_0 + v_{oy}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{v_{oy}}{v_{ox}}x + \frac{a_y}{2v_{ox}^2}x^2 \\ &(\text{при } x_0 = y_0 = 0) \end{aligned}$$

ния в проекциях «превращаются» в уравнения РПД, РУД или ДП.

Видоизмененная схема подчеркивает относительность начальных условий (\vec{r}_0, \vec{v}_0) и соответственно формы траектории, значения скорости; она ближе идеям динамики. Сравнение двух таблиц (схем) позволит ярче подчеркнуть ход мысли: от классификации движений — к классификации сил.

Полезно донести и ту идею, что выбором СО любое движение может быть сведено к любому, наперед заданному (по траектории, зависимости $\vec{v}(t)$). Например, если мы хотим рассматривать тело как покоящееся, то нужно связать СО с этим телом. Но так как выбор СО целиком зависит от воли наблюдателя, то \vec{r}_0, \vec{v}_0 (начальные данные) не могут определяться никакими другими законами природы. Только ускорение \vec{a} определяется законом природы, но лишь в СО, которые впоследствии, при изучении I закона, будут названы инерциальными. Таблица II прокладывает мостик к усвоению этой важной мысли — сути динамики Ньютона.

Обратите внимание ребят, что таблица II составляет часть цепочки, приведенной в конце главы. Именно таблица II, но не I. Последняя — цепочка «наоборот» и отражает развитие исследований в кинематике.

Было бы, разумеется, лучше, если бы вопросы, возникающие при изучении кинематики, задали сами учащиеся, но если этого не произойдет, то следует пояснить, почему поставленные вопросы уместны. Это — мостик к дальнейшему.

III. ДИНАМИКА

Возможно несколько аксиоматических построений динамики. Мы выбрали наиболее простой для восприятия вариант: вводим эталон силы, \vec{F} , и устанавливаем опытом: $\vec{F} \sim \vec{a}$, $\vec{F} = m\vec{a}$. В последующем, опираясь на второй закон, выясняем свойства сил различной природы: $\vec{F}(\vec{v}, \vec{r})$.

Учащихся (III) нужно приучать к записи второго закона в виде дифференциального уравнения $m \frac{d^2x}{dt^2} = F_x$, чтобы впоследствии проинтегрировать его при $F_x = \text{const}$, $F_x = F(x)$ — силовое поле, $F_x = F(v)$, в частности $F_x = -kv$ и $F_x = -kv^2$. Интегрирование для случая переменной массы можно перенести в главу V, что и сделано.

§ 21. Главное утверждение, которое нужно донести до учащихся: **действие тел друг на друга определяет ускорение,**

но не скорость тел. Эту мысль необходимо провести красной нитью через все содержание главы и в прямой формулировке, и с помощью задач.

Исключительно полезен опыт с движением тележки на воздушной подушке. Его нужно обязательно отработать, отрегулировать и продемонстрировать. Соответствующий прибор выпущен и может быть приобретен в учколлекторе. С его помощью может быть проведено много демонстраций, сопровождаемых количественными оценками (РПД, РУД, $F = ma$ и т. п.).

Не стоит злоупотреблять понятием «инерция», «по инерции», так как ученики часто перестают отдавать себе отчет в содержании данного понятия. Лучше формулировать по Ньютону: «тело движется с постоянной скоростью» при соответствующих условиях.

Ко времени изучения этой главы накопилось достаточно знаний, чтобы познакомить учащихся (II, III) с научным методом познания. Если учитель считает разговор о методе преждевременным, то его можно и перенести. Соответствующий материал лучше прочитать, а затем обсудить и решить предложенные задачи.

Задачи § 21 имеют качественный характер. Желательно как можно чаще обращаться к личному опыту учащихся.

§ 22. Основное внимание уделите формулировке закона и раскрытию его содержания, которое для ребят неочевидно. Подчеркните, насколько существенно и значительно даже слово в формулировке физических законов.

Подробно обсудите вопрос о существовании ИСО и еще и еще раз подчеркните идеализированный характер физического знания. О возможности связать СО с реликтовым излучением пока можно умолчать.

§ 23. Не особенно теоретизируя по поводу определений, сосредоточьте внимание на главном: $\vec{F} \sim \vec{a}$. Опыт с тележкой можно обсудить и реализовать коллективными усилиями. Опыт с вращающимся диском тоже стоит проделать, и не только в качественном варианте. Заодно можно повторить некоторые результаты кинематики.

Поскольку на базовом уровне операция сложения векторов не используется, то здесь можно попытаться пробудить интерес к этому вопросу (У. 3, 4, 5, 6) и объяснять правило, а можно эти вопросы исключить вообще из базового уровня.

Некоторые существенные замечания я выношу в конец параграфа, чтобы не отвлекать внимание от главного.

У. 2. Все преимущества и недостатки опытов выясняются

при их осуществлении. Гораздо лучше, если опыт спроектируют и осуществят сами учащиеся.

У. 3. Этот опыт лучше сделать на горизонтальной доске. Два динамометра зацепить петлями за гвозди (крючок одного из динамометров удлинить проволокой или нитью), а третьим динамометром действовать на шайбу, держа его в левой руке. На листе бумаги, лежащем под шайбой и динамометрами, карандашом пометить направления сил, записать показания динамометров. Силы суммировать геометрически, построив их в масштабе. Обратите внимание учащихся на оценку погрешности.

У. 4 и У. 6 — для желающих.

У. 11. Обратите внимание учеников на скорость распространения волны деформации в стекле.

У. 14. На базовом уровне таких «двухходовых» задач ($a = \dots F = ma = \dots$) вполне достаточно. Все задачи лучше взять из повседневной практики.

У. 16. Чтобы человек приобретал ускорение вместе с неинерциальной СО, на него должна действовать сила (как правило, сила упругости деталей вагона).

У. 18. Этому упражнению уделите самое серьезное внимание. Ответ: в любом направлении, в зависимости от выбора ИСО.

§ 24. Наиболее полезные для последующего следствия третьего закона: $m_1:m_2=a_2:a_1$ и $\sum \vec{f}=0$. Они достаточно очевидны и могут быть подкреплены огромным личным опытом учеников. Используйте его.

§ 25. Напомните ученикам еще об одном столкновении здравого смысла и практического знания: факт шарообразности Земли внедрялся в сознание долго и трудно.

Основная мысль: нет избранной ИСО, нет избранных точек и направлений в пространстве.

Не помешает уточнить слова: «...механические процессы протекают одинаково...», так как, вопреки знанию, «одинаково» учащиеся воспринимают как «идентично во всех деталях», а это, разумеется, не так. Здесь уместна какая-нибудь простая аналогия, например такая: если несколько человек наблюдают дом, то они фиксируют не одно и то же в зависимости от того, с какого расстояния, с какой стороны, в какое время суток, в какую погоду и т. п. разглядывают его; однако некоторые характерные признаки, отличающие именно этот дом, все укажут одинаково (если не страдают дефектами зрения).

§ 26. Основная мысль: поскольку траектория и \vec{r} ; \vec{s} ; \vec{v} относительны, то классификация движений по этим признакам

также условна, справедлива лишь в одной СО. Ускорение \vec{a} , определяемое силами, абсолютно, поэтому нужно перейти к классификации и описанию сил.

У. 12. Задача дает большой простор для научной фантазии и возможность отлично понять принципы механики Ньютона.

Знакомство с динамикой обычно проходит более «гладко», чем с насыщенной математикой кинематикой, но нужно отдавать себе отчет, что это — чисто формальное впечатление учащихся. Обобщающие идеи динамики, конечно же, труднее для осознанного усвоения, их внешняя простота обманчива. Об этом говорит, например, решение задач У. 18 § 23 и У. 6 § 26. Именно поэтому учитель должен подготовить заранее и отработать эксперимент по динамике, который также намного сложнее, чем в кинематике. Необходимо поставить эксперимент так, чтобы получать надежные количественные оценки.

Учащимся (III) полезно дать материал по динамике вращательного движения.

IV. СИЛЫ В МЕХАНИКЕ

Вникать в природу сил на этом этапе не следует. Еще будет время говорить об этом основательно.

Основное внимание нужно уделить способу изучения сил. В нашей аксиоматике законов динамики (сила — эталон) основным способом изучения свойств конкретных взаимодействий (трения, упругости, тяготения) является статический метод (уравновешивание силы динамометром).

Статический способ можно провести последовательно для всех сил, за исключением тяготения: $F \sim 1/R^2$ этим способом проверить трудно (в школьных условиях). В этом аспекте нужно обратить внимание на работу Кавендиша, и не только как на возможность определить гравитационную постоянную.

§ 28. На базовом уровне обоснование $F \sim 1/R^2$ можно опустить и ограничиться замечанием на уровне здравого смысла: все взаимодействия с увеличением расстояния должны ослабевать. Эта идея содержится и в первом законе: «...тело, достаточно удаленное от других тел...»

Не стоит усложнять понимание громоздкими расчетами по формуле закона. Достаточно обойтись выяснением вопроса: во сколько раз изменится сила при таких-то условиях?

$$\text{У. 3. } F = G \frac{m^2}{R^2} = G \frac{(\rho \cdot 4/3\pi r^3)^2}{R^2} = G (\rho \cdot 4/3\pi)^2 \frac{r^6}{R^2}.$$

Значит: $F \sim \frac{r^6}{R^2}$ и $F = \frac{(nr)^6}{(nR)^2}$, т. е. $F \sim n^4$.

Решение этой задачи прояснит, почему тяготение «властвует» в космических масштабах.

§ 29. Обратите внимание на преобразование формул, позволяющее привести их к виду, удобному для вычислений. Сами преобразования можно показать и не требовать их воспроизведения, а результаты «прокрутить» как следует с помощью задач.

Учитывая недостаточность демонстрационного материала по данному вопросу, целесообразно как можно шире использовать компьютер, кино, телевидение.

Подробные сведения о космических полетах можно найти в книге В. И. Левантовского «Механика космического полета» (М.: Наука, 1970), а также в журнале «Квант» (1987.— № 2; 1974.— № 2; 1972.— № 6; 1972.— № 11; 1971.— № 11; 1981.— № 1).

§ 30. Подчеркните, что деформированы **все** тела, которые можно наблюдать (падение тоже несвободно из-за сопротивления среды). Можно задать вопрос: почему же на деформацию в повседневности мы мало обращаем внимание? (Деформации малы, жесткость тел велика.)

Важно отметить: сила упругости приложена к телу, которое вызывает деформацию данного тела. Учащиеся (II, III) вернутся к этому вопросу при изучении сил инерции, ведь именно силу упругости, действующую со стороны «ускоряемого» тела на «ускоряющее», И. Ньютон трактовал как силу инерции.

Очень важен вопрос о влиянии формы на значение жесткости (профили, пружина, ...). Оценке жесткости различных тел (лучше самых обычных: батон хлеба, кресло, стул и т. п.) нужно отвести определенное время, чтобы ребята ориентировались в этом отношении уверенно.

Все положения параграфа обильно демонстрируются опытом.

§ 31. Применение понятия «вес тела» нужно сразу ограничить случаем горизонтальной опоры и вертикального подвеса, иначе возникает множество совершенно лишних недоразумений.

§ 32. Заметные трудности возникают при решении задач, в которых играет роль сила трения покоя. Причина ясна: нужно сделать выбор: либо $\vec{F}_{\text{тр п}} = -\sum \vec{F}$, либо $F_{\text{тр п max}} = \mu N$ (У. 2 § 28).

Полезно подробно разобрать механизм движения, в кото-

ром большую роль играет сила трения покоя. В качестве примера для сравнения можно рассмотреть также подъем в гору и подъем по лестнице (в последнем случае взаимодействие с опорой происходит посредством силы упругости). «Зачем альпинисты рубят ступени?» — хороший вопрос для дискуссии. При беге в шиповках также сила упругости компенсирует \vec{f}_2 , и возможности достичь большей скорости возрастают. Этот вопрос можно предложить как проблему.

При изучении трения скольжения отметьте, что формула $F_{\text{тр ск}} = \mu N$ на практике позволяет сделать лишь грубые оценки. За примером далеко ходить не надо, достаточно рассмотреть движение автомобиля. Сопротивление движению складывается из трения в осях и деталях механизма, сопротивления среды, трения качения, и, конечно, формулой $F = \mu N$ можно описывать его с большой натяжкой, если вообще возможно. Условно можно задавать некий коэффициент сопротивления μ_c , показывающий, какую долю веса ($P = mg$) составляет сила сопротивления $F_c = \mu_c P$.

Нельзя во всех случаях с помощью формулы $F_{\text{тр г макс}} = \mu N$ оценивать и силу трения покоя колеса (ноги) о землю, ведь $\vec{F}_{\text{тр п}} = -\sum \vec{F}$ и не обязательно достигает максимального значения. В технике чаще используют понятие «коэффициент сцепления» ($F_{\text{тр п макс}} = \mu_{\text{сц}} P$). Эти коэффициенты описывают совершенно иной механизм сопротивления, чем предлагаемый школьникам механизм трения как зацепления мелких зазубрин.

Нужно объяснить учащимся все это, если будете предлагать им задачи, связанные с движением транспорта, человека, животных, иначе на базе таблиц коэффициента трения скольжения вы будете получать совершенно неправдоподобные результаты.

У. 33. Подробное решение задачи вы найдете в книге А. А. Варламова и Л. Г. Асламазова «Удивительная физика» (Библиотечка «Квант». — Вып. 63).

Для учащихся (III) полезно предварительно изучить свойства показательной и логарифмической функций на факультативных занятиях (включая производную и интеграл), а только затем приступить к решению задачи. При этом нужно подчеркнуть, что $F_c = kv$ — довольно редкий случай, чаще $F_c = kv^2$, так что решение представляет чисто теоретический интерес.

У. 34. Напомните ребятам материал III уровня § 2.

V. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

§ 34. В параграфе есть перестановка уровней: I—II—I—III. Так подсказывает логика изложения материала.

Уделите внимание условиям выполнения ЗСИ.

Можно и полезно добавить задачи типа У. 9, в которых используется графическая работа с векторами импульсов. Аналитическое решение (с проекциями) используем на I уровне для одномерного варианта, а на II и III уровне — двухмерный.

Задачи по данному вопросу в пояснениях не нуждаются.

§ 35. На основе решения стандартной задачи (это решение нужно просто показать учащимся) вводим представление о кинетической энергии $E_k = \frac{mv^2}{2}$ и механической работе $A = Fs \cos \alpha$ и формулируем теорему о кинетической энергии: $\Delta E_k = \sum A$.

Как всегда, важно, чтобы ученики получили представление о порядке величины энергии для характерных и часто встречающихся движений, поэтому полезно давать побольше задач типа: «Оцените собственную E_k , когда вы шли в школу (ехали в метро, на автобусе, ...)», но полезно в этом отношении и вычисление энергии для случаев исключительных (У. 5). Включите, например, такую задачу: «В романе М. А. Булгакова «Мастер и Маргарита» некто Воланд перемещает директора варьете Степу Лиходеева из Москвы в Ялту (расстояние примерно 1500 км) за чрезвычайно короткое время (по подсчетам сослуживцев Степы — менее чем за 5 мин). Какова была энергия Степы, если предположить, что перемещение осуществлялось механическим путем?»

Можно включить задачи-демонстрации: определите кинетическую энергию при таком-то движении (движение демонстрируете). Еще лучше сначала просить давать предположительный ответ, а затем проверять его опытом. При неравномерных движениях оценивать среднюю скорость (при КД, РУД, ДП).

§ 35 и § 36. Главная мысль: работу некоторых сил при перемещении тела из точки 1 в точку 2 можно представить как разность двух одинаковых по форме выражений, одно из которых относится к точке 1 (mgh_1), другое — к точке 2 (mgh_2): $A = mgh_1 - mgh_2$ (или $A = Gm_1m_2 \frac{1}{R_1} - Gm_1m_2 \frac{1}{R_2}$ или $A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$). В эти выражения входит величина (h, R, x), характеризующая положение точек в пространстве.

Важно подчеркнуть, что работа A — это работа обеих сил взаимодействия тел, но ученики немедленно зададут вопрос: почему же о втором теле, с которым взаимодействует данное, при определении работы мы вовсе не вспоминали? Не вспоминали потому, что связали СО с этим вторым телом и работа силы противодействия в этой СО равна нулю, поскольку равно нулю перемещение второго тела.

В наших примерах вторым телом была Земля — тело огромной массы M , перемещение которого в СО, связанной с центром масс при взаимодействии тел силами тяготения или упругости (через пружину), пренебрежимо мало ($s_1:s_2 = m:M$), и работа сил взаимодействия по перемещению этих тел практически равна работе силы, действующей на малое тело. Этот дополнительный аргумент можно опустить вообще, ограничившись первым.

Учащимся (II, III) можно показать в общем виде раз и навсегда: работа внутренних сил системы (речь идет о силах упругости и тяготения) не зависит от выбора СО.

Почему указанное обстоятельство стоит подчеркнуть? Потому что его неучет порождает «парадоксы» при использовании ЗСМЭ. Эти парадоксы возникают по разным причинам, в частности и по той, что в некоторых СО необходимо учесть работу силы, действующей на второе из взаимодействующих тел.

Соответственно и понятие потенциальной энергии относится обязательно к двум телам: можно говорить о потенциальной энергии системы тел и только о ней: $\Delta E_p = -A_{\text{вс}}$. Если об этом забыть, то можно угодить в ловушку. Может возникнуть проблема при использовании ЗСМЭ: записывать ЗСМЭ необходимо для **системы тел** и обязательно обсуждать вопрос о доле энергии, приходящейся на второе тело (или другие тела), а об этом-то иногда и забывают.

Учитывая указанные «сложности», некоторые учителя предпочитают вообще не пользоваться понятием потенциальной энергии и ЗСМЭ, а только теоремой о кинетической энергии: $\Delta E_k = A$.

В учебнике мы вводим понятие потенциальной энергии и пользуемся им только в тех случаях, когда выбор СО не порождает никаких сложностей и изменение энергии системы можно отнести к одному телу, движение которого рассматриваем.

Для содержательного разговора с учащимися (II, III) по этому поводу нужно решить несколько задач.

У. 10. «Парадокс» объясняется тем, что в СО, связанной с автобусом, работа реакции опоры \vec{N} (направление \vec{N} пер-

пендикулярно поверхности плоскости) не равна нулю: тело движется по параболе ($\vec{v}_0 \neq 0$; $\vec{a} = \text{const}$; $\angle(\vec{v}_0, \vec{a}) = \beta$).

Другие задачи опубликованы в статье Г. Я. Мякишева «О законе сохранения энергии в механике» (Квант.—1974.— № 3).

Учащимся (III) полезно рассказать о законе сохранения момента импульса и его проявлениях. Материал вы найдете в указанных далее курсах физики и многочисленных публикациях по этому вопросу в журнале «Квант».

VI. НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ

Материал этой главы можно использовать для повторения и закрепления курса механики.

Базовый уровень (I) по рассматриваемым вопросам содержит достаточно знаний в курсе VII класса, поэтому для учащихся (I) можно выбрать лишь те задачи, в которых прямо используются законы Ньютона и законы сохранения, или предложить повторное решение ряда задач гл. I—V.

§ 41. Материал изложен традиционно и в пояснении не нуждается.

На III уровне можно познакомить ребят с анализом статических систем методом виртуальных перемещений (Квант.—1980.— № 9).

§ 42. У. 2, 3. Используются две пружины от динамометров, из которых можно получить пружины с жесткостью k ; $2k$; $k/2$ (40 Н/м, 80 Н/м и 20 Н/м). Опыт с магнитом можно показать с кафедры, если нет достаточного количества магнитов.

У. 6. Нужно уточнить еще: забирают автомобили груз со склада или оставляют его.

У. 7. Школьник увидел колеблющуюся застежку — подобие груза на нити.

§ 43. Подчеркните, что при определении КПД машины речь идет об отношении механической мощности двигателя (Fs) к механической мощности на выходе (на валу) двигателя (f_{1s1}). Процессы, происходящие в двигателе ($U \rightarrow A$), не учитываем, только потери энергии на работу против сил трения в механизме. Вы ничего не потеряете, если вместе с учащимися (и родителями) изготовите модели механических вечных двигателей (см. книги Перельмана, Блудова) и будете демонстрировать их вместе с автоколебательными системами типа часов-ходиков.

VI. ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Мы делаем первые шаги в создании программ и учебников нового поколения. Дело ведь не в том, чтобы исключить какие-то дисциплины и заменить их новыми. На школьном этапе обучения собственно знание не играет решающей роли в формировании познавательного интереса. В руках учителя-мастера любой предмет заиграет красками, способными заинтересовать большинство ребят. Личность учителя, его умение заметить и реализовать способности любого ребенка, владение формами обучения и общения, отвечающими возрастным особенностям восприятия, — в этом я вижу основу реформы образования и создания учебников нового поколения.

Учитель был всегда и останется ключевой фигурой в образовании. Есть учитель — есть предмет, нет учителя — не помогут никакие методички. Три профессиональных качества отличают хорошего учителя: блестящее знание предмета (широта образования), методическое мастерство и способность понимать других людей. Если раскрыть каждую из этих компонент, то выявляется гигантский объем работы, которую предстоит проделать начинающему учителю на пути к званию — мастер. По существу речь идет о сотворении собственной личности — сложнейшем духовном труде. Но иного пути нет: только личность может воспитать личность; авансы молодости рано или поздно кончаются, в дальнейшем только мастерство может одушевить деятельность учителя.

Каждый из нас — учителей-предметников — должен стремиться к созданию собственного курса, максимально учитывающего особенности своей личности и группы учащихся, с которыми работаем. Вряд ли возможен (и нужен) в этом единый образец, стандартный курс. Предлагаемые учебники (отечественные и зарубежные) — это лишь основа, на которой вы создаете свой курс, от чего-то отказываясь, что-то добавляя к содержанию. В конце концов, самое главное — чтобы на ваших уроках ребятам было интересно! Ради этого можно «пожертвовать» и жесткой логикой, и строгостью доказательств, и нормой оценок (образец бюрократической дидактики), и многим другим. Интересно не значит развлекательно. Детский интерес вообще довольно загадочное явление. Но некоторые «маленькие хитрости» можно указать.

Для учеников младшего и среднего звена формы обу-

чения важнее содержания. Если вы не сможете облечь содержание в излюбленные формы деятельности ребят (играть, действовать, думать), то собственно знание вряд ли их заинтересует.

Дети любят успех. Наша задача — обеспечить успех каждому ученику.

Наконец, ребенок должен постоянно ощущать внимание и уважение учителя, его стремление помочь.

Как видите, многое из того, что обеспечивает интерес к предмету, в учебник не втиснешь при всем желании. Остальное — живое творчество учителя.

Мы — автор и издатели — понимаем, что пробный учебник нуждается в существенной доработке по всем пунктам, перечисленным в разделе I, и видим возможности улучшения. Но главное, на что мы рассчитываем, — это участие учителей-практиков в апробации новых идей, проверке их в практике преподавания, улучшении учебника совместными усилиями. Ждем от вас новых задач, смысловых рисунков, дополнительных параграфов и предложений по переработке, включенных в учебник.

Сейчас разрабатываются дидактические материалы к учебнику, включающие изобразительный материал, контрольные тесты, стробоскопические фотографии, задачи в нестандартной «подаче», компьютерное обеспечение курса, библиографию для учащихся. Ждем ваших советов и по этому пособию.

Уверены, что коллективное творчество учителей, у многих из которых есть отличные наработки, проверенные практикой, способно преодолеть трудность перехода от унифицированного к многоуровневому образованию, при котором каждый ребенок может наилучшим образом реализовать свои способности.

ЗАДАЧИ ДЛЯ III УРОВНЯ С РЕШЕНИЯМИ И УКАЗАНИЯМИ¹

1. Материальная точка начинает двигаться по прямой, причем ее скорость возрастает по мере удаления от начальной точки по закону $v = A\sqrt{x}$, где x — расстояние до начальной точки. За какое время точка удалится на расстояние l ? За какое время она наберет скорость v_0 ?

Р е ш е н и е.

$$\begin{aligned}\text{Определим ускорение: } a &= \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v = \\ &= \frac{1}{2} A \frac{1}{\sqrt{x}} A \sqrt{x} = \frac{A^2}{2} = \text{const.}\end{aligned}$$

Итак, данное движение — РУД с $a = A^2/2$. Далее определяем t_1 и t_2 по стандартным формулам ($l = \frac{at_1^2}{2}$, $v_0 = at_2$) или с помощью интеграла:

$$dx = v dt; \int_0^{t_1} dt = \int_0^l \frac{dx}{v} = \int_0^l \frac{dx}{A\sqrt{x}} = \frac{2}{A} \sqrt{x} \Big|_0^l \text{ и т. д.}$$

$$dv = a dt; \int_0^{t_2} dt = \int_0^{v_0} \frac{dv}{a} = \frac{2}{A^2} \int_0^{v_0} dv \text{ и т. д.}$$

Подчеркните переход от функции времени к функции координат: $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt}$. Этот прием часто используется в задачах.

2. Сила сопротивления воздуха при движении парашю-

¹ Подбор задач предложил А. Р. Зильберман.

тоста пропорциональна квадрату его скорости: $F_c = kv^2$. Обозначим установившуюся скорость падения v_y . За какое время скорость падения увеличилась от $\frac{v_y}{2}$ до $\frac{9v_y}{10}$? Масса (с парашютом) — M .

Р е ш е н и е.

Установившуюся скорость определим из условия: $Mg = kv_y^2$. Значит, $v_y = \sqrt{\frac{Mg}{k}}$.

Зависимость ускорения от скорости:

$$a(v) = \frac{F_T - F_c}{M} = g - \frac{A}{M} v^2.$$

$$\text{Далее: } dv = a dt; \int_0^t dt = \int_{0,5v_y}^{0,9v_y} \frac{dv}{a} = \frac{M}{A} \int_{0,5v_y}^{0,9v_y} \frac{dv}{v_y^2 - v^2}.$$

По таблице интегралов

$$t = \frac{M}{2v_y A} \ln \frac{v_y + v}{v_y - v} \Big|_{0,5v_y}^{0,9v_y} \quad \text{и т. д.}$$

3. Поезд, состоящий из большого числа вагончиков, едет со скоростью v_0 по гладкой горизонтальной поверхности и въезжает на шероховатую часть, где коэффициент трения равен μ . При какой максимальной длине поезда l_0 он весь въедет на шероховатую поверхность? Чему равно время торможения при $l = l_0$? При $l = 2l_0$?

Р е ш е н и е.

Уравнение движения: $M \frac{d^2x}{dt^2} = -\mu g M \frac{x}{l_0}$ или $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\mu g}{l_0} x$. Это уравнение гармонических колебаний, следовательно:

$$x = A \cos \left(\sqrt{\frac{\mu g}{l_0}} t + \varphi \right).$$

A и φ определяются из начальных условий: при $t=0$, $x=0$, $\frac{dx}{dt} = v_0$ $\left(A = v_0 \sqrt{\frac{l_0}{\mu g}}, \varphi = \frac{\pi}{2} \right)$.

Далее можно отвечать на вопрос, поставленный в тексте задачи: $x(t_1) = l_0 = A = v_0 \sqrt{l_0/\mu g}$ и т. д.

Если сформулировать вопрос так, как это сделано в учебнике (фиксированная длина доски), то имеет смысл определить вначале скорость u такую, чтобы доска при $v=0$ въехала на шероховатую поверхность в точности на свою длину, а затем решать задачу в двух вариантах: $v_0 > u$; $v_0 < u$.

Задача здесь сформулирована корректнее, чем в учебнике, так как в варианте «доска» возникают сложности с распределением давления по ее длине.

4. Сила сопротивления воды при движении лодки пропорциональна скорости лодки: $F_c = kv$. Лодку массой M толкнули со скоростью v_0 . Какое расстояние пройдет лодка к тому моменту, когда ее скорость упадет в 3 раза? Сколько она пройдет всего? Что можно сказать про время этого торможения?

Р е ш е н и е.

$$\frac{dx}{dt} = v \text{ и } \frac{dv}{dt} = a, \text{ следовательно, } dx = \frac{v dv}{a}.$$

Интегрируем:

$$\int_0^l dx = \int_{v_0}^{v_0/3} \frac{v dv}{a} = - \int_{v_0}^{v_0/3} \frac{v dv}{kv/M} = \int_{v_0/3}^{v_0} \frac{M}{k} dv \text{ и т. д.}$$

Полезно показать, что время, определяемое при интегрировании уравнения движения $-kv = M \frac{dv}{dt}$ (от $v = v_0$ до $v = 0$), формально получается бесконечным.

5. Тележка массой M_0 едет со скоростью v_0 по горизонтальной плоскости. Начинает идти снег, за время t в тележку попадает масса $M = \mu t$. Найти скорость тележки как функцию расстояния, пройденного ею с начала снегопада.

Р е ш е н и е.

Зависимость скорости от времени определяется из ЗСИ:

$$M_0 v_0 = v (M_0 + \mu t), \text{ или } v = \frac{M_0 v_0}{M_0 + \mu t}. \text{ Ускорение } a_x = \frac{dv}{dt} =$$

$$= - \frac{\mu v_0 M_0}{(M_0 + \mu t)^2}. \text{ Определим } v(x):$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} \text{ или } \frac{dv}{dx} = - \frac{\mu M_0 v_0}{(M_0 + \mu t)^2} \times \frac{M_0 + \mu t}{M_0 v_0} = - \frac{\mu v}{M_0 v_0}.$$

$$\text{Интегрируя } \frac{dv}{dx} = - \frac{\mu v}{M_0 v_0}, \text{ получаем: } \ln \frac{v}{v_0} = - \frac{\mu}{M_0 v_0} x \text{ или}$$

$$v = v_0 e^{-\frac{\mu}{M_0 v_0} x}.$$

6. Ракета с начальной массой M_0 имеет секундный расход топлива μ , относительная скорость истечения газов из сопла v_0 . Ракета начинает ускоряться, ее масса со временем уменьшается, а скорость растет. Найти максимальное значение кинетической энергии ракеты (с остатками топлива на борту). То же — для импульса.

Р е ш е н и е подробно рассмотрено в учебнике.

7. На расстоянии $l_0 = 0,1$ м от стенки покоится куб массой $M = 10$ кг. Между стенкой и кубом «запускают» маленький шарик массой $m = 1$ г с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с, который попеременно ударяется о стенку и о куб. Куб начинает разгоняться. Какую скорость приобретает куб к тому моменту, когда расстояние от него до стенки удвоится? Скорость куба обозначим u .

Р е ш е н и е.

При $m \ll M$ соотношение скоростей $u \ll v$ и при каждом ударе изменение скорости шарика равно $\Delta v_1 = 2u$. (Это легко показать в СО, связанной с кубом: $\Delta v_{1x} = (v - u) - (v - u) = -2u$; $\Delta v_1 = 2u$.)

Количество ударов за время Δt равно $n = \frac{v}{2x} \Delta t$, а изменение скорости шарика за это время: $\Delta v = -n2u = -\frac{uv}{x} \Delta t$ или $\frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{uv}{x}$.

Преобразуем: $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} u$. Из равенства $-\frac{uv}{x} = \frac{\Delta v}{\Delta x} u$ получаем $\frac{\Delta v}{\Delta x} = -\frac{v}{x}$ или $x\Delta v + v\Delta x = 0$, следовательно, $xv = \text{const}$.

При $l = 2l_0$: $l_0 v_0 = 2l_0 v$ и $v = \frac{v_0}{2}$.

Из ЗСМЭ определяем u : $\frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{m(v_0/2)^2}{2}$ и т. д.

8. На столе лежит бухта каната длиной l_0 и массой M . Конец каната начинают вытягивать вверх с ускорением a . Как меняется со временем сила, необходимая для этого?

Р е ш е н и е.

Уравнение движения в момент времени, когда длина вертикальной части каната $l = \frac{at^2}{2}$: $F - F_T = \frac{d}{dt}(mv) = v \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt}$.

Масса вертикальной части каната $m = \mu l = \frac{\mu at^2}{2}$ ($\mu = \frac{M}{l_0}$).

Отсюда: $F = at\mu at + \frac{\mu at^2}{2} a + \frac{\mu at^2}{2} g = \frac{\mu at^2}{2} (3a + g)$.

9. Пружина имеет начальную длину l_0 и коэффициент жесткости k . К ней подвесили чашку массой M и успокоили систему. Кусочек пластилина массой m падает с высоты h в чашку и прилипает. Найти максимальную длину пружины. Через какое время она будет достигнута?

Р е ш е н и е.

Уравнение движения: $(M + m)g - k\left(x + \frac{Mg}{k}\right) = (M + m) \times$

$$\propto \frac{d^2 x}{dt^2} \quad \text{или} \quad mg - kx = (M + m) \frac{d^2 x}{dt^2}.$$

Решение этого уравнения:

$$x = \frac{mg}{k} + A \cos(\omega t + \varphi), \quad \text{где} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}.$$

Константы A и φ определите по начальным условиям: при $t=0$ $x=0$ и $\frac{dx}{dt} = \sqrt{2gh} \cdot \frac{m}{M+m}$.

Дальнейшее ясно.

Эту задачу можно сформулировать в более привлекательном виде: для любителей острых ощущений в США существует следующий рискованный аттракцион. Желая прыгнуть с моста высотой h . Предварительно его привязывают к мосту резиновым жгутом длиной l и жесткостью k . Шнур обеспечивает такое торможение человека, что его скорость становится равной нулю почти у поверхности воды.

Вопрос можно поставить по-другому, в частности, так: какова жесткость резинового шнура, если h , l , m заданы? (Нужно идеализировать задачу соответствующим образом.) В этом случае задача решается по ЗСМЭ. Чтобы возникла необходимость решения дифференциального уравнения, предложите определить, например, зависимость скорости падающего человека от времени.

Эти задачи можно предлагать во всех разделах механики. Нужно только сформулировать вопрос так, чтобы ответ на него не требовал знаний из следующих тем. В дальнейшем, возвращаясь к задаче, вопрос переформулируйте с учетом новых знаний.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Приведенный список определен вкусами автора и не является ни полным, ни единственным. Книги предназначены для самообразования учителя, но многие (помечены звездочкой) можно предложить и учащимся (II, III).

Систематические курсы физики и механики

1*. Суорц Кл. Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений.— М.: Наука, 1986.

Главная особенность курса — многочисленные методические дидактические новинки. Значительно увеличена доля эксперимента.

2*. Купер Л. Физика для всех.— М.: Мир, 1973.

Автор широко использует исторический материал, детально обсуждает сущность и структуру физического знания. Курс написан живым, выразительным языком.

3*. Физика / Пер. с англ.; Под ред. А. С. Ахматова.— М.: Наука, 1965.

Курс отличается оригинальным построением, существенно отличающимся от традиционного, и содержит множество интересных упражнений, практических заданий, лабораторных работ.

4*. О р и р Дж. Популярная физика.— М.: Мир, 1964, 1966, 1969.

Сравнительно небольшой по объему курс элементарной физики с задачами практического содержания.

5*. Р о д ж е р с Э. Физика для любознательных.— М.: Мир, 1969.

Оригинальный по построению курс физики, основой для которого служит исторический фон. Читателю самому пред-

лагается переоткрыть физические законы, анализируя множество фактов, примерно так, как это было в истории физики.

6. О р и р Дж. Физика.— М.: Мир, 1981.

Курс общей физики для студентов-физиков.

7*. Х а й к и н С. Э. Силы инерции и невесомость.— М.: Наука, 1967.

Автор проводит тщательный анализ основных понятий и законов механики Ньютона.

8. З о м м е р ф е л ь д А. Механика.— М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1947.

Курс теоретической механики. При небольшом объеме отличается богатством содержания и методическим совершенством.

Книги по истории физики и ее творцов, хрестоматии, справочники

9*. В а в и л о в С. И. Исаак Ньютон.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.

Дается глубокий анализ творчества и личности Ньютона.

10*. Э й н ш т е й н А, И н ф е л ь д Л. Эволюция физики.— М.: Молодая гвардия, 1966.

Развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квантов без применения математического аппарата.

11*. Г о л и н Г. М., Ф и л о н о в и ч С. Р. Классики физической науки.— М.: Высшая школа, 1989.

12*. Л ь о ц ц и М. История физики.— М.: Мир, 1970.

13*. Хрестоматия по физике 8—10/Под ред. Б. И. Спаского.— М.: Просвещение, 1987.

14. У истоков классической науки: Сб. статей.— М.: Наука, 1968.

15*. Д я г и л е в Ф. М. Из истории физики и жизни ее творцов.— М.: Просвещение, 1986.

16*. С п а с с к и й Б. И. Физика в ее развитии.— М.: Просвещение, 1979.

17. К у х л и н г Х. Справочник по физике.— М.: Мир, 1985.

18. Е н о х о в и ч А. С. Справочник по физике и технике.— М.: Просвещение, 1989.

19. Е н о х о в и ч А. С. Справочник по физике.— М.: Просвещение, 1990.

19,а. Радость познания: Популярная энциклопедия: В 4 т.: Пер. с англ.— М. Мир, 1983.

19,б. Мэрион Дж. Б. Физика и физический мир.— М.: Мир, 1975.

Книги к главе I

20. Сноу Ч. П. Две культуры.— М.: Прогресс, 1973.

О разрыве между классической гуманитарной культурой европейского Запада и новой научной культурой, порожденной научно-техническим прогрессом.

21. Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.

Замечательным языком автор рассказывает о своих открытиях в области высшей нервной деятельности, проявлениях мозговой деятельности.

22. Фрезер Дж. Дж. Золотая ветвь.— М.: Политиздат, 1983.

Капитальный труд о происхождении и развитии религии.

23. Рожанский И. Д. Античная наука.— М.: Наука, 1980.

Об истоках науки Греции и Рима, важнейших достижениях науки эллинистической эпохи и ее упадке в период римского владычества.

24. Григорьян А. Т., Рожанская М. М. Механика и астрономия на средневековом Востоке.— М.: Наука, 1980.

25. Комаров В. Н. Наука и миф.— М.: Просвещение, 1988.

Критика современных мифов, история становления научного мировоззрения.

26. Хазен А. М. О возможном и невозможном в науке.— М.: Наука, 1988.

Та же тема, но уровень выше.

27. Артамонов И. Д. Иллюзии зрения.— М.: Наука, 1969.

28. Шостак В. И. Природа наших ощущений.— М.: Просвещение, 1983.

29. Зельдович Я. Б. Высшая математика для начинающих.

30. Математика в современном мире.— М.: Мир, 1967.

Сборник статей крупнейших специалистов о математике и ее приложениях к естественным и социальным наукам.

31. Клайн М. Математика. Утрата определенности.— М.: Мир, 1984.

О математике от античной эпохи до нового времени и ее месте в современном мире, о связи математики с естествознанием.

32. Стоцкий Л. Р. Физические величины и их единицы.— М.: Просвещение, 1984.

33. Демкович В. П., Прайсман Н. Я. Приближенные вычисления в школьном курсе физики.— М.: Просвещение, 1983.

34. Фетисов В. А. Оценка точности измерений в курсе физики средней школы.— М.: Просвещение, 1992.

35. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок.— М.: Мир, 1985.

36. Ахундов М. Д. Пространство и время в физическом познании.— М.: Мысль, 1982.— (Серия «Философия и естествознание»).

37. Фейнман Р. Характер физических законов.— М.: Наука, 1987.— Вып. 62.— (Библиотечка «Квант»).

Отдельные лекции книги можно использовать при подготовке к преподаванию всех разделов механики.

37, а. Лэртский Диоген. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов.— М.: Мысль, 1979.— (Сер. «Философское наследие»).

Книги к главам II—VI

38. Григорьев В. И., Мякишев Г. Я. Силы в природе.— М.: Наука, 1988.

39. Брагинский В. Б., Полнарев А. Г. Удивительная гравитация.— М.: Наука, 1985.— Вып. 39.— (Библиотечка «Квант»).

40. Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении.— М.: Наука, 1979.

41. Силин А. А. Трение и его роль в развитии техники.— М.: Наука, 1976.

42. Силин А. А. Трение и мы.— М.: Наука, 1987.— Вып. 57.— (Библиотечка «Квант»).

43. Дерябин В. М. Законы сохранения в физике.— М.: Просвещение, 1982.

44. Билимович Б. Ф. Законы механики в технике.— М.: Просвещение, 1975.

45. Кузов К. Мир без форм.— М.: Мир, 1976.

Богатый материал для разработки отдельных тем курса механики и множество задач повышенной сложности содержат 21 комплект (1970—1991) журнала «Квант» и книги серии библиотечки «Квант». Перечисление статей по отдель-

ным вопросам курса механики, опубликованных на страницах уникального издания, займет слишком много места и поэтому здесь невозможно. Аннотированный каталог публикаций подготовлен в лаборатории физики МИРОС.

Желающие могут заказать и получить его, направив заявку по адресу: 109004, Москва, Нижняя Радищевская ул., д. 10.

Характер работы с материалами журнала может быть различным: от заимствования учителем фактов и задач для тех или иных уроков до ежемесячного просмотра и обсуждения материала каждого нового номера всем классом.

Наиболее продуктивно, на мой взгляд, предложить тому или иному ученику заранее проработать и подготовить сообщение по какой-либо статье. Сообщение коллективно обсудить и закрепить решением задач.

В практике преподавания, особенно в обзорных, заключающих уроках, можно с успехом использовать материалы журналов «Наука и жизнь», «В мире науки», «Природа», брошюр общества «Знание», серий «Физика», «Астрономия и космонавтика».

Содержание

I. О резервах повышения познавательного интереса	7
II. Структура и содержание учебника	15
III. О лабораторных работах	20
IV. О задачах	22
V. Стиль работы с учебником	26
I Введение	29
II. Кинематика	33
III Динамика	41
IV. Силы в механике	44
V. Законы сохранения	47
VI Некоторые задачи механики	49
VI Подведем итоги	50
Задачи для III уровня с решениями и указаниями	52
Рекомендуемая литература	57

Учебное издание

Балашов Михаил Михайлович

МЕХАНИКА ЗА 70 УРОКОВ

Зав. редакцией Н. В. Хрусталь

Редактор Т. П. Каткова

Мл. редакторы Т. Ю. Федорова, Н. Е. Терехина

Художник А. В. Макаров

Художественный редактор Е. Л. Ссорина

Технический редактор Н. Н. Матвеева

Корректор Е. В. Чамаева

ИБ № 14057

Сдано в набор 06.03.92. Подписано к печати 21.10.92. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. типограф. № 2. Гарнит. Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3.36. Усл. кр.-отт. 3,57. Уч.-изд. л. 3,38. Тираж 119 000 экз. Заказ 1858.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и информации Российской Федерации. 127521. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с диапозитивов Саратовского ордена Трудового Красного Знамени полиграфического комбината Министерства печати и информации Российской Федерации, 410004, Саратов, ул. Чернышевского, 59 в областной типографии управления печати и информации администрации Ивановской области, 153628, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

выпустило:

в 1991 г. книги М. М. Балашова «О природе» для 7-го и 8-го классов — это приложения к действующим учебникам физики, содержащие краткое обобщение изученного материала и много задач для его закрепления.

Стиль и содержание книг вызвали живой интерес учителей и учащихся;

выпускает:

в 1993 г. учебник «Физика-9» (Механика) М. М. Балашова.

Автор предпринимает попытку одной книгой удовлетворить любознательность учащихся с разным уровнем познавательного интереса;

готовит к изданию:

в 1994 г. учебник «Физика-7» М. М. Балашова.

Автор полагает, что, прежде чем разговаривать с учащимися на некотором языке, их нужно обучить основам этого языка. Методическая идея учебника — измерение физических величин и самостоятельное получение простейших закономерностей.

Стиль учебников предполагает изменение роли учителя. Учитель — советчик, организатор дискуссии, помощник, наставник, генератор идей. Основным источником знаний — учебник и самостоятельная работа учеников.

Заказать учебники и приобрести книги можно в местных книготоргах или организациях, занимающихся распространением учебно-методической литературы.

