

ФИЗИКА

Г. Я. Мякишев, А. З. Сияков

МЕХАНИКА

Учебник

Рекомендовано
Министерством просвещения
Российской Федерации

9-е издание, стереотипное

Москва



2020

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

10

К Л А С С

 | российский
учебник

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72
М99

**Одобрено Научно-редакционным советом корпорации
«Российский учебник» под председательством академиков
Российской академии наук В. А. Тишкова и В. А. Черешнева**

Методический аппарат учебника разработан
О. А. Крысановой, Н. В. Ромашкиной

Мякишев, Г. Я.

М99 Физика : Механика. Углублённый уровень : 10 класс :
учебник / Г. Я. Мякишев, А. З. Сияков. — 9-е изд.,
стереотип. — М. : Дрофа, 2020. — 510, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-358-23448-2

В учебнике на современном уровне изложены фундаментальные вопросы школьной программы, представлены основные применения законов физики, рассмотрены методы решения задач.

Книга адресована учащимся физико-математических классов школ, слушателям и преподавателям подготовительных отделений вузов, а также читателям, занимающимся самообразованием и готовящимся к поступлению в вуз.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования. Включён в Федеральный перечень учебников в составе завершённой предметной линии.

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72

ISBN 978-5-358-23448-2

© ООО «ДРОФА», 2013
© ООО «ДРОФА», 2018,
с изменениями

ВВЕДЕНИЕ¹

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ВЗГЛЯДА НА МИР

§ 1. НЕОБХОДИМОСТЬ ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ

Простые истины

Все мы в раннем детстве за два-три года усваиваем солидный «курс физики» — привыкаем к простым вещам и явлениям вокруг нас. Запоминается этот «курс» гораздо прочнее, чем всё то, что мы узнаем впоследствии (правда, повторение курса идёт непрерывно). Так мы узнаём, что камень всегда падает вниз на землю, что есть твёрдые предметы, о которые можно ушибиться, что огонь может обжечь и т. д.

Однако, как ни важны подобные знания, накапливаемые ребёнком, а впоследствии и взрослым человеком, они ещё не образуют науку. Подобный опыт приобретают и многие животные вскоре после рождения, хотя их поведение определяется врождёнными инстинктами в гораздо большей степени, чем у человека. Это частные правила, касающиеся течения отдельных явлений. Они говорят нам о том, что произойдёт в обычных условиях, но не отвечают на вопрос, почему те или иные события вообще происходят и не могут ли эти события не наступить совсем. Они также не позволяют предсказать, что произойдёт в новых, изменившихся условиях.

¹ Это введение при первом чтении может показаться сложным. Полезно возвращаться к нему по мере прохождения курса.

Зарождение науки

Потребность в понимании окружающего мира, в объяснении относительной устойчивости протекающих в нём событий очень велика. Это необходимо для уверенности в завтрашнем дне, для возможности предвидения того, что произойдёт. Людям необходимо понять устройство окружающего мира, чтобы выжить, чтобы использовать силы природы для облегчения труда, улучшения условий жизни.

В результате длительной борьбы за существование у человека появилась внутренняя потребность в познании природы. В первую очередь выживали те, кто лучше понимал окружающий мир и стремился расширить свои познания. В конечном счёте человеческий мозг оказался более могучим орудием в борьбе за существование, чем клыки, бивни и когти. Благодаря знаниям человек выжил и подчинил себе Землю.

Стремление увидеть в разрозненных событиях нечто общее, понять причины как обычных, так и редко встречающихся явлений привело к зарождению науки.

Наука и человечество

Может показаться, что в наше время нет необходимости в приобретении всё более новых знаний для того, чтобы выжить. Но это не так. Энергетические ресурсы Земли (нефть, газ, каменный уголь и др.), рудные месторождения быстро истощаются. И без открытия новых источников энергии, новых материалов, заменяющих привычные металлы, человечество не в состоянии существовать длительное время.

Потребность в глубоких знаниях — один из сильнейших импульсов, побуждающих человека к действию. Не только



прикладное значение науки, но и радость познания, красота открывающихся нам законов природы привлекли и продолжают привлекать людей.

§ 2. НАУКА ДЛЯ ВСЕХ

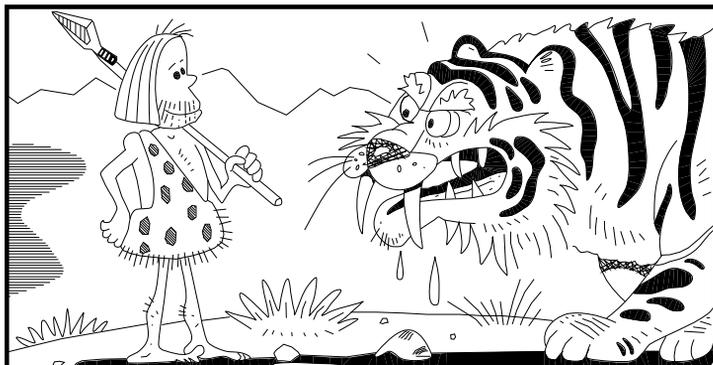
Эстафета передачи знаний

Знания приобретаются человеком на протяжении всей жизни. Но приобретённые новые качества, в том числе и знания, не передаются по наследству. Новые свойства, как физические, так и относящиеся к областям психики, не наследуются ни человеком, ни животным. Вследствие этого приобретённый животным опыт почти полностью теряется с его смертью. Передача опыта от родителей детёнышам играет у животных очень малую роль по сравнению с врождённым опытом поведения.

С тех пор как организмы с развитым мозгом получили возможность передавать своим потомкам большой объём информации посредством речи, эволюция преодолела барьер на пути наследственной передачи приобретённых свойств. Речь и возникла из-за потребности в быстрой и точной передаче жизненно важной информации.

Наука представляет собой одно из важнейших направлений развития человеческого общества, ставшее возможным в результате накопления идей и передачи опыта. Без передачи накопленных знаний наука немыслима. За время одной человеческой жизни науку создать нельзя.

Много веков длился процесс познания окружающего мира. Добытые сведения передавались из поколения в поколение и вот теперь передаются вам. Огромный труд был



затрачен учёными, и немалый труд предстоит затратить каждому молодому человеку для того, чтобы усвоить основы современной науки. В наше время без этих знаний не обойтись. Они нужны не только учёному и инженеру, но и рабочему на производстве, трактористу в поле. Ежедневно люди на работе и дома имеют дело со сложными механизмами. Чтобы понять, как они работают, нужно знать законы природы.

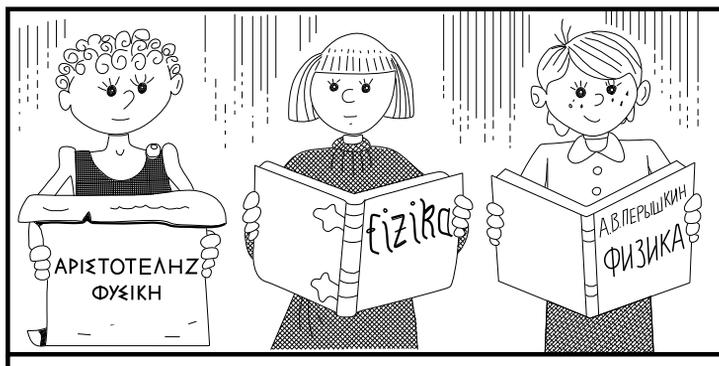
Обучение необходимо не только для развития общества, но и для поддержания его существования.

Преобразование мира

Именно развитие науки о природе дало в руки человека современную технику, и это привело к преобразованию окружающего нас мира. Основную роль сыграла здесь физика — наука, изучающая самые общие законы природы.

Физика служит фундаментом техники. Строительная техника, гидротехника, теплотехника, электротехника и энергетика, радиотехника, светотехника и другие выросли на основе физики. Благодаря сознательному использованию законов физики техника из области случайных находок вышла на широкую дорогу целенаправленного развития.

Познавая спрятанные под покровом бесконечно многообразного мира явлений законы природы, человек научился создавать то, чего никогда не было в природе. Было изобретено радио, построены громадные электрические машины, освобождена внутриатомная энергия. Человек вышел в космическое пространство.



Наука и производство

Наука и практическая деятельность человека чрезвычайно тесно связаны, переплетены друг с другом.

Зарождение науки, как уже говорилось, было обусловлено жизненно важными потребностями человечества. На протяжении всей истории науки запросы практики, техники и технологии являлись важнейшими стимулами её развития.

Развитие науки, с одной стороны, привело к преобразованию мира, а с другой — именно практическая деятельность человека в самом широком смысле является главным критерием истинности добываемых знаний, их объективности.

Физика и другие науки

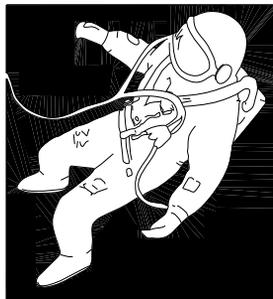
Физика — это наука, занимающаяся изучением самых общих свойств окружающего нас материального мира.

Вследствие этой общности физики нет и не может быть явлений природы, не имеющих физических сторон. Поэтому понятиями физики и её законами пользуются в любом разделе естествознания, даже если при этом ограничиваются простым описанием предметов и явлений. Ведь при таком описании нельзя обойтись без физических представлений о размерах, длительности, массе, цвете и т. д.

В настоящее время физика глубокими корнями вросла в астрономию, геологию, химию, биологию и другие естественные науки. Она многое объясняет в этих науках, предоставляет им современные методы исследования: радиотелескопы, электронные микроскопы, лазеры, рентгеновские установки и т. д.

Широта и общность содержания приводят физику по наиболее принципиальным положениям в непосредственное соприкосновение с философией. Изучение наиболее важных сторон мира позволяет исследовать вопросы познания природы в отчётливой и общей форме, на которую не влияет сложность обыденных предметов и явлений. На протяжении всего курса вы будете знакомиться с физическими законами и явлениями. Перед вами постепенно предстанет общая картина единства природы.

Велико значение физики как одного из главных факторов, определяющих культурный уровень человека. Этот уровень, образно говоря, можно измерить числом фактов, которые че-



ловек способен видеть в кубическом метре Вселенной. С наибольшим числом фактов, относящихся к природе мира, в котором мы живём, знакомит нас именно физика.

§ 3. ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

От мифов к простым фактам

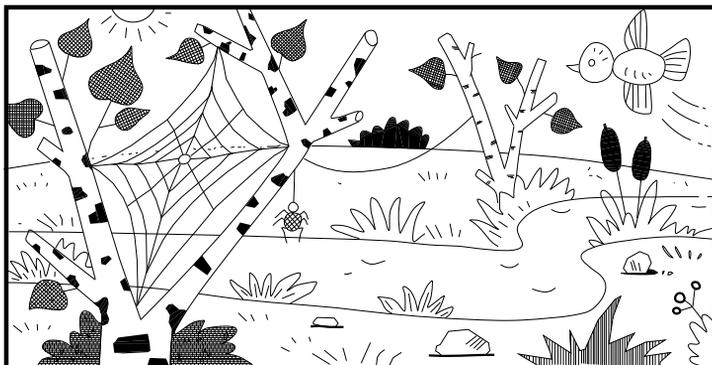
Каким же образом удаётся разглядеть черты единой картины мира в хаосе разнообразных событий? Как подойти к пониманию того общего, что есть между деревом и камнем, водой и паутиной, протянувшейся над ручьём, полётом птицы и движением планет?

Потребность в познании мира вначале привела к попыткам объяснить весь мир в целом, получить ответы на такие всеобъемлющие вопросы: откуда взялась Вселенная? В чём сущность жизни? Какие принципы управляют всеми событиями в мире?

Дать сразу обоснованные ответы на эти вопросы оказалось невозможным. Люди начали придумывать разнообразные мифы о возникновении мира, появилась религия.

Лишь примерно 500 лет назад человечество вступило на путь научного познания природы, который оказался поразительно плодотворным: люди приступили к экспериментированию с природой. Это было началом науки в той форме, как мы её знаем сегодня.

Одним из первых плодотворность нового пути осознал великий Леонардо да Винчи (1452—1519). Он писал: «Истол-



кователь ухищрений природы — опыт; он никого не обманывает; лишь наше суждение само себя иногда обманывает.

Нужно руководствоваться показаниями опыта и разнообразить условия до тех пор, пока мы не извлечём из опыта общих законов, ибо лишь опыт открывает нам общие законы.

Общие законы препятствуют нам вводить в заблуждение самих себя и других, ожидая результатов, получить которые невозможно.

Те, кто, изучая науки, обращается не к природе, а к авторам, не могут считаться сынами природы: я бы сказал, что они только её внуки. Лишь она одна — подлинная руководительница настоящих гениев; между тем, как это ни глупо, смеются над человеком, предпочитающим учиться у самой природы, а не у авторов, которые не больше как её ученики».

Сказано превосходно. И всё сказанное не утратило смысла до наших дней. Однако Леонардо не опубликовал эти мысли. Стимулом естествознания XVII в. стал призыв к экспериментальному изучению природы со стороны английского философа Фрэнсиса Бэкона (1561—1626). Ф. Бэкон понял важное обстоятельство: **законы природы могут дать неизмеримо больше, чем заключено в том опытном материале, на основе которого они получены. Именно благодаря этому возможна наука.**

Наука в современном понимании, по словам выдающегося физика В. Вейскопфа, возникла тогда, когда вместо попыток получить немедленно ответы на глобальные вопросы люди начали интересоваться простыми, на первый взгляд незначительными фактами. Например, падением камня, нагреванием воды, когда в неё бросают кусок раскалённого железа, и т. д. Но эти факты описывались очень строго, точно,



количественно. Любой человек при желании мог убедиться в их справедливости, проверить их.

Вместо того чтобы задавать общие вопросы и получать частные ответы, учёные начали задавать частные вопросы и получать общие ответы. Этот процесс продолжал развиваться: вопросы, на которые мог быть получен ответ, становились всё более общими. «Самый непостижимый факт, — как сказал однажды А. Эйнштейн, — заключается в том, что природа познаваема». В процессе познания законов природы отчётливо проявилась и продолжает проявляться справедливость мысли Бэкона о возможности найти общие законы, отправляясь от частных фактов, установленных точными экспериментами.

Сущность научного метода

Учёные давно перестали верить в то, что можно постичь истину, сидя за письменным столом и размышляя о том, как должна быть устроена Вселенная. Около 350 лет назад были окончательно выработаны основы наиболее подходящего физического метода исследования. Он состоит в следующем: **опираясь на опыт, отыскивают количественно (математически) формулируемые законы природы. Открытые законы проверяются практикой.**

Нельзя не удивляться, как, начав с исследования несложных фактов, наука быстро поднялась до современного уровня. За несколько сотен лет учёные пришли к открытию многих фундаментальных законов природы. Начиная с Галилея и Ньютона, учёные перестали считать, что наука должна сводить непривычные, непонятные явления к привычным и понятным с точки зрения здравого смысла. Задачей науки стал поиск математически выражаемых общих законов природы, которые охватывали бы громадную совокупность фактов.

Учёные стали требовать объяснения на основе этих законов привычных нам явлений, которые, казалось бы, не требуют объяснений. Например, почему книга не проваливается сквозь стол? Этим был брошен вызов «здравому смыслу». Вызов, который в таких современных теориях, как теория относительности и квантовая механика, привёл к прямому противоречию с обыденным здравым смыслом.

Суть нового направления поиска в науке, к сожалению, не вошла в плоть и кровь всех людей. В связи с этим очень часто и сейчас возникает множество недоразумений. Понять сущность современного научного мировоззрения и метода нелег-

ко. Переворот, который должен произойти в сознании человека, можно сравнить с переворотом в голове дикаря, который от лечения таким понятным средством, как изгнание злых духов, должен перейти к «таинственным» мерам: кипячению воды, прививкам, соблюдению гигиены и т. д. Изгонять нужно, как выяснилось, не привычных «здравому смыслу» человекоподобных существ, а микробы и вирусы, которые невозможно увидеть простым глазом.

Научное мировоззрение

Фундаментальные законы, устанавливаемые в физике, намного сложнее для восприятия, чем те простые факты, с которых начинается исследование любых явлений. Но они столь же достоверны, столь же объективны, как и наблюдаемые непосредственно простые явления. Эти законы в рамках своих границ применимости не нарушаются никогда, ни при каких условиях.

Всё большее число людей осознают, что природа следует определённым законам, которые исключают чудеса. Рост достижений науки в объяснении природы подрывает веру в сверхъестественное.

Плоды научного метода

Можно проследить, как открытие современного метода исследования природы очень быстро привело к резкому расширению возможностей человека.

В течение нескольких столетий население Земли, которое вплоть до эпохи Возрождения (XIV—XV вв.) количественно менялось очень медленно, внезапно возросло с 600 тыс. до 5 млрд. Большие пространства на поверхности Земли изменили свой облик. Материки прорезали шоссейные и железные дороги. На месте лесов выросли огромные города. Путешествие по воздуху с одного материка на другой стало намного быстрее и удобнее, чем путешествие из Петербурга в Москву, совершённое 200 лет назад. Человек высадился на Луну.

Экологические проблемы

Технологическое преобразование мира ставит проблему сохранения и поддержания жизни на нашей планете. Жизнь в любой форме постоянно вынуждена искать компромисс между присущей ей способностью к неограниченному росту и ограничениями, которые возникают при её взаимодей-

ствии с окружающей природной средой. Экологические проблемы являются общими для физиков, химиков, биологов, экономистов, инженеров, писателей и общественных деятелей.

К неблагоприятным экологическим последствиям приводит работа тепловых двигателей и атомная энергетика. В связи с этим на повестку дня ставятся серьёзные вопросы. Могут ли атомные электростанции стать безопасными и насколько они необходимы? Решат ли энергетическую проблему термоядерные атомные станции и могут ли они быть созданы?

От падения камня до расширяющейся Вселенной и квантовой механики

Достижения современной науки трудно переоценить. Мы уже довольно достоверно знаем, что было с нашей Вселенной около 14 млрд лет назад. В это время произошёл Большой взрыв, и Вселенная стала расширяться. Это расширение продолжается до сих пор.

Первоначально вещество Вселенной было горячим, но расширение привело к постепенному уменьшению температуры. При температурах порядка нескольких миллиардов градусов начали образовываться атомные ядра из протонов и нейтронов. Когда температура снизилась до нескольких тысяч градусов, ядра получили возможность захватывать электроны: начали образовываться атомы. По мере дальнейшего уменьшения температуры стали образовываться простые молекулы, а затем жидкости и кристаллы. Наконец возникли гигантские цепеобразные молекулы, на основе которых зародилась жизнь.

Величайшим триумфом человеческого разума, рядом с которым трудно поставить достижения человечества как в области других наук, так и в сфере практической деятельности, было создание в 20-х гг. XX в. квантовой механики. На основе разрозненных, на первый взгляд противоречащих друг другу экспериментальных фактов, относящихся к макроскопическим явлениям, которые порождаются индивидуальными микроскопическими процессами, удалось создать теорию движения элементарных частиц — теорию процессов, непосредственно недоступных ни нашим органам чувств, ни воображению. Мы лишены возможности представить себе наглядно эти процессы, так как они отличаются от тех макроскопических явлений, которые человечество на-

блюдало на протяжении сотен тысяч лет и основные законы которых были сформулированы к концу XIX в.

Квантовая механика впервые объяснила устойчивость атома, закономерности образования молекул и позволила в общих чертах понять строение вещества. Она открыла «вероятностный» мир, в котором существуют микроскопические объекты. Эти объекты наделены удивительными противоречивыми свойствами: они могут занимать определённое положение, иметь определённую скорость, но не одновременно! При попытке ограничить движение микрочастицы малой областью пространства её скорость и энергия неизбежно возрастают.

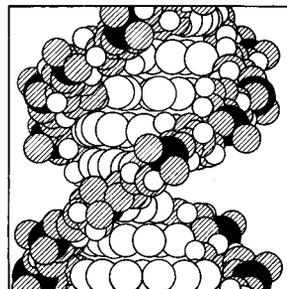
В 70-х гг. XX в. начала проявляться внутренняя структура элементарных частиц. Самое сокровенное в природе постепенно становится доступным человеческому разуму.

Познаваемость мира и самоограничение науки

Теперь мы убеждены, что найденный наукой метод познания мира единственно правильный. Только отказ от немедленного получения исчерпывающей, абсолютной истины, только бесконечный путь сквозь пестроту экспериментальных фактов сделали научные знания столь успешными и глубокими.

Учёные давно поняли, что познание — длительный и трудный процесс. Мир огромен и очень сложен. Многого мы не знаем совсем, о многом лишь начинаем догадываться. Не знаем с достоверностью структуру элементарных частиц и не в состоянии пока понять, чем обусловлены наблюдаемые свойства частиц и сколько типов истинно элементарных частиц существует в мире. Не знаем, что было со Вселенной до Большого взрыва и что будет с ней в дальнейшем.

Мы имеем пока лишь основу для описания эволюции Солнечной системы от беспорядочного облака до образования планет и зарождения жизни на Земле. Только недавно учёные приступили к изучению живых организмов на молекулярном уровне. Здесь удалось расшифровать информационный код наследственности, записанный на спиральных молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Но как на основе этого



кода создаётся живой организм, пока не ясно. Очень мало достоверного известно о природе сознания.

Наука, в отличие от мифов и религий, не утверждает, что она может немедленно дать ответы на все вопросы. В том числе на самые животрепещущие: о предназначении человека, о судьбе Вселенной и т. д. Но она даёт правильное понимание проблемы в целом, правильный подход к её возможному решению. Основанный на научном методе подход является единственно правильным, так как гарантирует достоверность полученных знаний. Однако это трудный и медленный путь достижения истины.

При изучении физики, так же как и других наук, нельзя сразу, за короткое время усвоить их суть и научиться эти знания применять для решения практических задач или развивать науку дальше. В той или иной мере необходимо знакомство не только с фундаментальными законами, но и с научным методом познания, главными фактами, лежащими в основе современного здания науки.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 4. ФИЗИКА — ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА

Цель физики

Физика занимается изучением явлений, протекающих в природе. Её цель: **во-первых, отыскать наиболее общие законы природы; во-вторых, объяснить конкретные процессы действием этих общих (фундаментальных) законов.** Наиболее глубоко происходящие процессы можно объяснить на основе определённых представлений о строении различных веществ. **Выявление строения вещества также составляет задачу физики.**

Общих законов природы или фундаментальных физических теорий сравнительно немного, но они охватывают огромную совокупность явлений. К числу таких фундаментальных теорий относятся: классическая механика Ньютона, термодинамика, статистическая механика, электродинамика, квантовая механика и немногие другие.

Открытие общих законов подготавливается в процессе развития науки, накопления новых фактов и совершается людьми, способными глубже проникнуть в суть явлений, чем их современники. В основном же труд физика состоит в поиске новых фактов и в приложении общих принципов к объяснению конкретных явлений. Не следует, однако, думать, что объяснение конкретного процесса на базе известных фундаментальных законов — простая вещь. Например, объяснить явление сверхпроводимости удалось лишь спустя 50 лет после создания квантовой механики — теории, в рамках которой можно это сделать.

Экспериментальный характер физики

Задачи, стоящие перед физикой, определяют особенности физического метода исследования.

При изучении физики уже недостаточно карандаша и бумаги — привычных принадлежностей математика. Требуется большее пространство, чем пространство стола, и большая поверхность, чем площадь доски. Дело в том, что физика, в отличие от математики, — экспериментальная наука. Её законы основаны на фактах, установленных опытным путём. Причём факты остаются, а истолкование их часто меняется в ходе исторического развития науки.

Факты устанавливаются главным образом в результате планомерных наблюдений. Бывают, правда, и случайные открытия, как, например, открытие А. Беккерелем радиоактивного распада урана.

Физические величины и их измерение

Экспериментальный характер физики определяет весь строй этой науки.

Исследование явлений начинается с наблюдения. Но при этом нельзя ограничиваться общим качественным впечатлением от явления. Человек должен выделить и зафиксировать в памяти те общие черты отдельных восприятий, которые повторяются и которые для него практически важны. Это ведёт к образованию понятий, являющихся первым шагом на пути познания природы.

Следующий важный шаг в развитии научной мысли состоит в переходе к понятиям, допускающим количественные характеристики в форме числа. Необходимо найти количественные характеристики отдельных сторон явления в виде величин, доступных измерению. Дело это непростое: ведь