

О ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ В ЛЕКЦИОННОМ КУРСЕ ФИЗИКЕ

Вся история научного знания пронизана возникновением новых революционных идей, появляющихся из необходимости устранить несоответствие между старыми представлениями и новыми фактами. Методологической основой познания во всех случаях были противоречие и их разрешения. Процесс познания, идущий от наблюдения, эксперимента к обобщению, к модели, к теории также связан с преобладанием противоречий между экспериментом и теорией, между моделью и явлением, между кажущимся и научным, истинным. Физика отчетливо демонстрирует процесс развития по спирали.

Наиболее наглядно это можно проследить на оптических явлениях. Все учение о свете пронизано борьбой идей. Первое же осмысление того, что такое свет, породило корпускулярный и волновой подходы, привело к созданию теорий Ньютона и Гюйгенса – корпускулярной и волновой. Следствия из этих подходов взаимно исключали друг друга. Об этом свидетельствует, например, зависимость показателя преломления среды от скорости света в ней. Разрешение возникшего противоречия осуществилось лишь на следующем витке научного знания как признание корпускулярно-волнового дуализма в природе не только света, но и всех элементарных частиц.

Вторая серьезная проблема связана с попыткой прояснить природу световых волн. Сосредоточением противоречий была «Теория эфира». Решение проблемы пришло из теорий Максвелла. Переломный этап развития оптики – изучение явлений взаимодействия света с веществом: тепловое излучение, тормозное рентгеновское излучение, фотоэффект, комптоновское рассеяние света. Сплошная цепь противоречий потребовала принципиально нового квантового подхода: одновременно было разрешено еще одно фундаментальное противоречие – невозможность преобразовывать скорость света при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, исходя из принципа Галилея (опыты Майкельсона). А как результат-неизбежность релятивистского подхода.

Под проблемным обучением понимается создание на лекциях проблемных ситуаций и их разрешение студентами под руководством преподавателя.

Имеется несколько типов проблемных ситуаций.

1. Обнаруживается несоответствие между имеющимися знаниями и необходимостью применения для решения проблемной задачи знаний более высокого уровня.

2. Проблемные ситуации возникают также тогда, когда студенты ставятся перед выбором из всего многообразия знаний нахождения единственной системы, которая дает возможность решить проблемную задачу.

3. Проблемные ситуации возникают тогда, когда необходимо использовать имеющиеся знания в новых практических условиях, отличающихся от условий обучения.

4. Проблемные ситуации возникают, когда имеются противоречия между возможностью решить задачу теоретически и отсутствием возможности решить эту задачу теоретически или наоборот.

5. Проблемная ситуация возникает при противоречии между необходимостью увидеть динамику процесса в статическом изображении.

Проблемные ситуации могут быть созданы почти на каждой лекции и практическом занятии, но нельзя увлекаться и чрезмерно насыщать ими лекционный курс. В создании проблемных ситуаций нами накоплен определенный опыт на занятиях со студентами факультета физики и электроники КНУ им. Ж. Баласагына. Возможности создания

проблемных ситуаций имеются в таких разделах курса физики, как «Реальные газы», «Основы молекулярной физики», «Механика жидкостей и газов» и др. На наш взгляд, в лекциях не должно быть больше 1-3 проблемных вопросов, большую же часть курса студенты должны усваивать традиционным способом с помощью объяснительно-иллюстративного обучения не только потому, что проблемное обучение требует больших затрат времени, но и из-за того, что некоторый материал проще усваивается, если его излагать монологически. Конспект такой лекции легче использовать при повторении и подготовке к экзамену.

Физика выгодно отличается от многих вузовских дисциплин естественностью, ненадуманностью процесса создания проблемных ситуаций. Это связано с последовательностью развития физических представлений, с уточнением их или заменой одних другими. Между тем авторы различных учебных пособий не в равной мере творчески относятся к излагаемому материалу, что может привести к формированию у студентов неточных и даже неправильных понятий. Анализ погрешностей и поиск уточненных положений может составить суть проблемных заданий студентам в процессе слушания ими лекций. Рассмотрим примеры подобных ситуаций.

1. Во многих учебниках и пособиях интерференцию волн определяют как их наложение. В некоторых пособиях говорится, что при наложении волн, взаимодействуя, усиливают друг друга в одних участках поля и ослабляют в других; встречаются утверждения, что закон независимости складывающихся световых пучков справедлив только в случае их когерентности.

Проблемные вопросы: нет ли у студентов возражений против таких утверждений? Конкретно: а) интерференция – это действительно само наложение волн или же результат наложения? б) взаимодействуют ли световые волны, испускаемые традиционными источниками света (Солнцем, лампами накаливания)? в) действует ли в указанных случаях принцип суперпозиции волн?

2. С точки зрения волновой теории условием интерференции является одновременное попадание в некоторую точку пространства когерентных волн. Исходя из квантовой теории света, в качестве условия интерференции называют обычно одновременное попадание в некоторую точку пространства множества фотонов, взаимодействующих между собой.

Вопрос: не может ли получаться интерференционная картина в опытах с одиночными фотонами?

3. Известно утверждение, что дифракция света наблюдается только в случае столь малых преград на его пути, что их размеры сравнимы с длиной волны света.

Вопрос: абсолютно ли это утверждение? Не может ли только происходить, но и наблюдаться дифракция в случае сравнительно больших преград?

4. Из теории А.Эйнштейна следует, что при энергии фотона, меньшей работы выхода электрона из некоторого металла (т.е. если длина волны света больше «красно-границной»), фотоэффект не происходит ни при каких сколь угодно высоких интенсивностях света.

Вопрос: абсолютно ли положение о существовании «красной границы» фотоэффекта?

5. Считается, что объяснение фотоэффекта неизбежно связано с квантовыми представлениями о природе света.

Вопрос: действительно ли фотоэффект – сугубо квантовый эффект и его закономерности не могут быть описаны в рамках волновой теории света?

Проверка показала, что использование на лекциях таких проблемных ситуаций существенно повышает качество знаний студентов и увеличивает продолжительность запоминания ими информации. Рассмотрим примеры проблемных ситуаций по разделу курса общей физики «Основы молекулярной физики и термодинамики»:

1. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкостей идеального газа дает значение молярной теплоемкости $C_v = \frac{2}{3}R$. Сравнение этого результата с экспериментальными данными, полученными для 12-15 элементов и их соединений, показывает, что в одних случаях результаты эксперимента хорошо согласуются с теоретическими выводами, а в других имеет место противоречие. Анализ ситуации позволяет выяснить, почему возникло противоречие и как оно было ликвидировано.

Сравнение теоретического вывода $C_v = \frac{1}{2}R$ и наблюдаемого экспериментально температурного хода теплоемкости позволяет знакомить студентов с одним из тех противоречий, которые привели к созданию квантовой механики.

2. Приступая к изучению второго начала термодинамики, студентам задают вопрос: почему человечество волнуют проблемы энергетического кризиса, ведь энергия никогда и никуда не исчезает, а только переходит из одного вида в другой? Вопрос проблемный, так как содержит противоречие между уже изученным законом сохранения энергии и имеющимися у студентов сведениями о необходимости экономии энергии в современном обществе в связи с ограниченностью ресурсов. Противоречивая ситуация разрешается анализом экспериментальных фактов, свидетельствующих о направленности самопроизвольных процессов в природе и формулировкой 2-го начала термодинамики.

3. Анализ противоречивой ситуации, возникающей при изучении второго начала термодинамики (для тепловой машины имеет место условия: $dQ > 0$ и $\oint \frac{dQ}{T} = 0$), позволяет выяснить основные положения, характеризующие работу тепловой машины, и понять, на какой многовековой человеческий опыт опирается принцип существования энтропии.

4. Проблемную ситуацию получают, сопоставляя второе начало в формулировке Клаузиуса процессу передачи тепла в холодильнике от менее нагретого тела к более нагретому.

Противоречие здесь кажущееся, возможно из-за поверхностного рассмотрения. Оно снимается анализом понятия «самопроизвольный процесс» (или, в зависимости от формулировки, «единственный результат») и введением понятия «компенсирующий процесс». Интересно также противопоставить формулировку Томсона (или Планка) работе игрушки, известной под названием «пьющий утенок». Анализ работы этого «двигателя» показывает, что у него единственный тепловой резервуар. И холодильником, и нагревателем является окружающий воздух. Так что периодически действующая машина («утенок») совершает работу за счет изменения внутренней энергии одного резервуара. Это противоречие вызовет сильные эмоции, если на примерах показать, каково было бы значение вечного двигателя второго рода для человечества, если бы он был возможен. Противоречие снимается при установлении компенсирующего процесса повышения влажности воздуха. Испарение воды с головки «утенка» возможно, поскольку водяной пар ненасыщен, отсутствует равновесие.

5. Рассмотрим проблемную ситуацию, создаваемую в начале темы «Реальные газы». В данном случае используется графическая зависимость величины произведения давления газа на объем PV от давления. Перед постановкой проблемной ситуации, в соответствии с планом лекции, должен быть изложен вопрос о силах межмолекулярного взаимодействия. В определенном интервале давлений и температур законы идеального газа достаточно хорошо подтверждаются на опыте. Произведение давления газа на объем PV при изотермическом процессе есть постоянная величина, график зависимости величин $P \cdot V$ от давления есть прямая линия, параллельная оси давлений. К чему же приведет увеличение давления до нескольких десятков атмосфер и выше?

Лектор приводит экспериментальный график, $PV = f(P)$, который отражает экспериментально полученные отклонения в поведении газа при значительном повышении давления.

Величина PV в начале становится меньше, чем для идеального газа, при дальнейшем увеличении давления заметно возрастает.

Противоречие очевидно: экспериментальная зависимость отличается предсказанной теорией идеальных газов. Студенты выдвигают гипотезы:

- уменьшение величины PV можно объяснить тем, что при увеличении давления происходит конденсация;

- при увеличении давления нужно учесть действие факторов, которыми в теории идеальных газов пренебрегают.

Далее проводится совместное обсуждение гипотез, в итоге формулируем вывод: отклонения от законов идеальных газов объясняется действием сил притяжения и отталкивания между молекулами. Так вводится понятие «реальный газ».

В описанных примерах проблемное задание было предъявлено перед изложением учебного материала, физическая сущность процесса была вскрыта совместно со студентами, в процессе разрешения проблемных ситуаций добыты новые знания. При разрешении проблемных ситуаций возникает психическое состояние, которое вызывает потребность в новом знании. Познавательная активность превращается в стойкий интерес, становится чертой личности.

Использование проблемных ситуаций различных уровней позволяет вовлечь в активную работу значительную часть различно подготовленных студентов. Проблемные ситуации должны быть заготовлены лектором с учетом различных возможностей студентов.

При изложении темы «Кинематика вращательного движения» физический смысл углового ускорения студенты выясняют самостоятельно при разрешении проблемной ситуации, сформулированной лектором: известно, что для описания поступательного движения используются два линейных ускорения – касательное и нормальное. В каком случае для описания вращательного движения достаточно ввести только одно угловое ускорение?

Для разрешения этой проблемной ситуации студенту необходимо использовать ранее усвоенные понятия в новых условиях, провести анализ и синтез уже имеющихся у него знаний, т.е. студент в данном случае должен работать на исследовательском - логическом уровне мышления.

Источником проблемной ситуации может стать кажущееся противоречие, вызванное поверхностным рассмотрением вопроса. Например, при сопоставлении зависимостей для нормального ускорения $a_n = v^2 / R$ и $a_n = \omega^2 R$. Согласно первой, ускорение обратно пропорционально радиусу, согласно второй – прямо пропорционально. В порядке обмена опытом предлагается методика создания и разрешения проблемной ситуации на практическом занятии со студентами на материале классической механики по теме «Законы сохранения в механике».

Подготовка к созданию проблемной ситуации осуществляется преподавателем постановкой вопросов: «Сформулируйте закон сохранения импульса», «Назовите требования к системе тел, для которых выполняется закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии». После получения правильных ответов на поставленные вопросы преподаватель уточняет, в какой системе отсчета выполняются названные законы сохранения. Как правило, этот вопрос не вызывает затруднения – в инерциальной. Остается только уточнить, что в любой инерциальной системе отсчета названные законы сохранения выполняются, другими словами, актуализируется принцип относительности Галилея. После проведенной подготовки преподаватель предлагает разобраться в следующей ситуации. С гладкой горки высотой H на горизонтальную поверхность соскальзывает шайба. С точки зрения наблюдателя,

связанного с Землей, потенциальная энергия шайбы в начале движения mgH переходит в кинетическую энергию $mv^2/2$ у основания горки. U - скорость шайбы при ее переходе на горизонтальную поверхность. Рассмотрим теперь энергетические превращения в другой инерциальной системе отсчета, движущейся со скоростью v относительно Земли в направлении движения шайбы по горизонтальной поверхности. В этой системе отсчета в начале движения шайба обладала как потенциальной энергией mgH , так и кинетической энергией $mv^2/2$, а у основания горки не имела ни той, ни другой (скорость шайбы в указанной системе отсчетов равна нулю).

Следовательно, здесь имеется нарушение закона сохранения механической энергии. Но если закон справедлив для одной инерциальной системы отсчета, то он должен быть справедлив и для любой другой инерциальной системы отсчета, иначе их нельзя считать эквивалентными. Как разрешить противоречие между убежденностью в справедливости многократно проверенного принципа относительности Галилея и нарушением закона сохранения механической энергии в одной из инерциальных систем отсчета?

Указанное противоречие создает проблемную ситуацию и требует преодоления возникшего затруднения, стимулируя активную интеллектуальную деятельность. Анализ предложенной ситуации в обеих системах отсчета показывает, что предложенное для обсуждения противоречие кажущееся: в обеих системах отсчета закон сохранения механической энергии выполняется, системы эквивалентны в полном соответствии с принципом относительности Галилея. Разрешение предложенной проблемной ситуации углубляет знания обучаемых и вызывает удовлетворение достигнутым результатом, которого интуитивно ожидал каждый. Приведем проблемные ситуации, создаваемые в начале изложения вопроса «Биения» при чтении темы «Сложение гармонических колебаний». Лектор предлагает студентам график зависимости результирующего смещения от времени при сложении двух одинаково направленных колебаний близких частот и предлагает объяснить периодическое изменение амплитуды $A_{рез}$. К этому моменту студенты уже знакомы с расчетом амплитуды результирующего колебания при сложении колебаний равных частот, им известно, что $A_{рез}$ зависит от амплитуд и разности фаз слагаемых колебаний и постоянно. Противоречие, которое заключается в том, что в данном случае $A_{рез}$ не остается постоянной, вызывает недоумение студентов и желание разрешить его. Студенты выдвигают гипотезы и при их обсуждении приходят к выводу, что биения – результат сложения гармонических колебаний близких частот.

Накопленный опыт показал, что проблемный подход при формировании у студентов физических понятий и определений активизирует учебную деятельность, способствует более глубокому и полному усвоению курса физики.

Литература:

1. Дидактика средней школы. \Под ред. М.Н. Скаткина. –М.: Просвещение,1982.-319 с..
2. Методические указания по проблемному обучению в вузе/Сост. Г.Н.Атанов.- Донецк. Дон ГУ,1985.