

СИСТЕМА ЗНАНИЙ ПО СВОЙСТВАМ ЖИДКОСТЕЙ КАК УСЛОВИЕ НОРМАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ

Проведен анализ проблемы ознакомления школьников с методами исследования при изучении фундаментальных физических экспериментов. Определены методологические и гносеологические принципы усвоения теоретического и практического учебного материала, связанного со школьным экспериментом как фактор повышения качества знаний школьников. Как важное условие эффективности на современном этапе представлены инновационные технологии обучения и воспитания в общеобразовательных школах и вузах.

Одним из важнейших и наиболее эффективных средств нормализации учебной нагрузки учащихся по физике является обоснованное выделение главных знаний на каждый урок, тему, раздел, курс в целом [1, 2]. Решение этого вопроса позволит в дальнейшем осуществить как регламентацию объема текста и числа фактов на единицу учебного времени, так и определить объем теоретических сведений, выделить необходимые для изучения основные знания, источники знания, вспомогательные средства и т.д.

В изучении свойств жидкостей вопрос о выделении основных знаний стоит, может быть, более остро, чем в любой другой теме курса физики 10 класса. Содержание темы таково, что почти на каждом уроке учащиеся разбирают новый вопрос. Это, естественно, не означает, что нет преемственности в знаниях и умениях учащихся от урока к уроку. Речь идет лишь о том, что "порция" нового материала почти всегда столь велика, что вынуждает учителя проводить структурно однообразные уроки, непременно включающие в себя и проверку усвоенного ранее урока, и изучение нового материала.

Одним из путей в определении главных знаний по курсу можно считать построение системы основных знаний, которыми в молекулярной физике являются теории, принципы, законы, физические понятия и величины, следствия из теории, практические приложения теоретических вопросов. Эти знания не устаревают (кроме последнего) и не изменяются так быстро, как любые другие, служат прочной научной основой для понимания всего круга, в частности, поверхностных явлений.

Говоря сегодня о системе знаний, мы понимаем, что принцип системности все более и более проявляет себя как эффективное средство в реализации научности и доступности обучения, в нормализации нагрузки учащихся [3]. Известно, что знания в системе (то есть система знаний) всегда усваиваются легче и прочнее, поскольку обращены не столько к памяти, сколько к мышлению учащихся.

Согласно методологии общей теории систем любая система может строиться относительно конкретного признака (элемента), принимаемого за основу. Поэтому, в принципе, возможно построение множества систем понятий по каждому школьному курсу. Однако специфика физики существенно ограничивает поле для исследования, заставляя строить систему с учетом как структуры научного знания (т.е. принципиального соответствия ему), так и с необходимостью адаптации этого знания к познавательным возможностям школьников данного возраста.

Близость ряда свойств твердых тел и их расплавов (плотность, удельная теплоемкость, сжимаемость и др.) и их резкое отличие при обычных условиях от газов показывает, что расстояния между молекулами жидкостей и твердых тел мало отличаются друг от друга. Следовательно, и силы взаимодействия между молекулами в твердых телах и жидкостях более близки друг другу по величине, чем это можно сказать о молекулах в газах. Поэтому изучение вопроса о поверхностных явлениях конденсированных сред желательно начать со сравнительной характеристики газообразного, твердого и жидкого состояния.

Перед изучением свойств газообразных, жидких и твердых тел необходимо с помощью таблиц повторить с учащимися сведения, которые они изучили на первой ступени. Составление таблиц помогает школьникам научиться выделять существенные общие признаки фактов и явлений, устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, приводить в систему свои знания по сравниваемому материалу. При изучении различных агрегатных состояний вещества старшеклассникам полезно предложить следующую таблицу:

Свойства	Состояние вещества		
	Газообразное	Жидкое	Твердое
Граница раздела	Не имеет	Имеет	Имеет
Форма	Не имеет	Не сохраняется -	Сохраняется
Объем	Занимает весь предоставленный	Сохраняется	Сохраняется
Сжимаемость	Большая	Практически нет	Нет (без нарушения микроструктуры)
Микроструктура агрегатного состояния	Атомы (молекулы) расположены на большом расстоянии)	Ближний порядок	Дальний порядок
Соотношение между потенциальной энергией взаимодействия Π и кинетической энергией молекул K	$K \gg \Pi$	$\Pi \approx K$	$K \ll \Pi$

Эту таблицу можно составить на уроке при участии учителя на основе опоры на знания учащихся, имея в виду единую линию сравнения по одному и тому же признаку (в приведенной таблице – это отдельные свойства вещества в трех агрегатных состояниях). Таблицу можно несколько усложнить, предложив учащимся дома заполнить две последующие графы.

При переходе из одного агрегатного состояния в другое внутренняя энергия состояния меняется, поскольку изменяется при этом кинетическая энергия частиц системы. Чтобы выяснить, как изменяется внутренняя энергия в этом случае, проанализируем взаимодействие молекул тела, находящегося в различных агрегатных состояниях.

При температуре абсолютного нуля кинетическая энергия молекул (если бы этого состояния можно было достигнуть) была бы равна нулю. Молекулы при этой температуре находятся на таком расстоянии друг от друга, при котором силы отталкивания и притяжения уравновешены, и их равнодействующая равна нулю. При сравнительно низких температурах кинетическая и потенциальная энергия молекул незначительна, и среднее расстояние между молекулами несколько больше равновесного.

При нагревании тела средняя кинетическая и потенциальная энергия молекул $\bar{K}$ и $\bar{P}$ возрастают. Однако для твердого состояния вещества средняя кинетическая энергия молекул при этом остается меньше средней потенциальной энергии: $\bar{K} < \bar{P}$. Благодаря этому условию, молекулы сохраняют устойчивость состояния.

При условии, что $\bar{K} \approx \bar{P}$, вещество становится жидким, поскольку часть молекул сохраняет устойчивость состояния и для них $\bar{P} > \bar{K}$, а часть молекул движется поступательно и для них $\bar{K} > \bar{P}$.

В том случае, когда внутренняя энергия молекул достигает значений, соответствующих $\bar{K} \gg \bar{P}$, молекулярное взаимодействие уже слабо влияет на тепловое движение и вещество переходит в газообразное состояние.

Заметим, что при одной и той же температуре одни вещества находятся в твердом состоянии, другие – в жидком или газообразном. Это связано с тем, что хотя характер молекулярного взаимодействия для всех веществ одинаков, в зависимости от рода вещества меняется величина равновесного расстояния между молекулами и значение внутренней энергии. Поэтому при одинаковой температуре для одних веществ $\bar{K} \ll \bar{P}$, а для других $\bar{K} \approx \bar{P}$ или $\bar{K} \gg \bar{P}$. В связи с этим одни вещества находятся в твердом, а другие в жидком или газообразном состояниях.

Наиболее характерным признаком, отличающим конденсированное состояние вещества от газообразного, является наличие у него поверхности, отделяющей его от газа. Существует граница раздела и между твердым и жидким телом. В качестве примеров существования поверхности раздела можно указать на кристалл, находящийся в равновесии со своим паром или расплавом, на лед и воду, на жидкость и ее собственный пар и др.

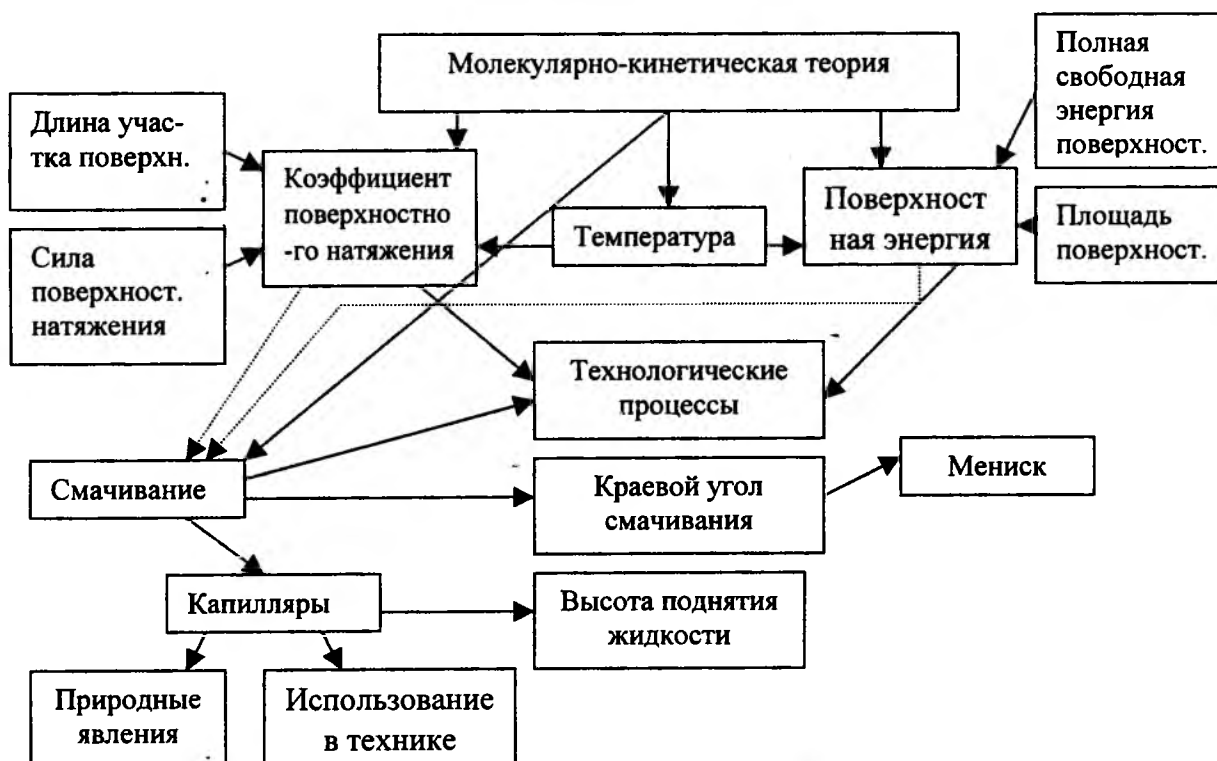
Поверхность раздела следует представлять себе как слой малой (в несколько молекулярных диаметров) толщины, а не какую-то геометрическую границу между различными состояниями вещества. Полезно здесь напомнить учащимся, как это принято в методике, что по мере приближения к критической температуре граница раздела жидкость-пар становится слабо выраженной, неустойчивой [4]. В критическом

состоянии она исчезает, и при температуре выше критической не имеет смысла называть вещество жидкостью или газом.

Учащиеся должны понять, что только с наличием границы раздела связан целый ряд свойств и явлений, протекающих в поверхностных слоях. При формировании понятия "поверхностное натяжение" нужно обратить внимание школьников на реальную силу поверхностного натяжения, действующую в поверхностном слое. Для обнаружения поверхностного натяжения есть достаточное число демонстраций, описанных в методической литературе. Помимо них мы рекомендуем молекулярную картину поверхностного слоя жидкости имитировать с помощью керамических магнитов. Для этого пластмассовый или стеклянный стержень необходимо установить вертикально. На стержень надеваются 4-5 магнитов так, чтобы их одноименные магнитные полюса были обращены друг к другу. Взаимно отталкиваясь под действием сил магнитного поля и сближаясь под действием силы тяжести, магниты располагаются таким образом, что расстояния между ними в направлении сверху вниз уменьшаются. Такое расположение магнитов соответствует молекулярной картине поверхностного слоя жидкости, если условно принять магниты за молекулы. Модель иллюстрирует утверждение, что молекулы поверхностного слоя находятся в среднем на больших расстояниях друг от друга, чем молекулы внутри жидкости.

Основой системы знаний по свойствам жидкостей является рассмотрение с точки зрения молекулярно-кинетической теории поверхностных явлений смачивания, капиллярных явлений, использования их закономерностей в технике, технологических процессах и умение рассмотреть их проявления в природных явлениях. Основные понятия "поверхностное натяжение" и "поверхностная энергия", связывая главные физические величины, проявляются в нескольких формах: коэффициент поверхностного натяжения, высота поднятия жидкости в капилляре и др. Каждой из форм присущи свои структурные элементы, которые обозначены на схеме:

Система основных знаний о свойствах жидкостей



Как видно из схемы, цементирующей теорией всей системы знаний о свойствах жидкостей является молекулярно-кинетическая теория строения вещества, на основе которой необходимо объяснить все остальные элементы данной структурно-логической схемы.

Одним из основных элементов является сила поверхностного натяжения, наличие которой поясняют следующим образом. Плотность газа у поверхности жидкости мала, поэтому на молекулу поверхностного слоя действует сила, направленная внутрь объема жидкости. Это ведет к деформации поверхности. Таким образом, поверхностный слой характеризуется некоторой величиной силы, вызывающей деформацию поверхностного слоя. Нетрудно показать, что эта сила – касательная к рассматриваемой поверхности. Другими словами, поверхностный слой жидкости находится в состоянии касательного напряжения, называемого поверхностным натяжением.

В связи с последней реформой школьного образования начали функционировать школы нового типа, в которых имеются классы с углубленным изучением физики и математики. Для того, чтобы научить учащихся таких школ выделять существенные признаки поверхностных явлений и для более полного приведения в систему знаний, нам представляется целесообразным использовать понятие поверхностной энергии (в 70-х годах в течение нескольких лет в учебниках поверхностная энергия рассматривалась как полная свободная энергия поверхностного слоя, отнесенная к единице площади).

Введение двух характеристик поверхностного слоя – силовой и энергетической, позволяет рассматривать в курсе физики школ нового типа вопрос о поверхностных явлениях не только применительно к жидкостям, но и к твердым телам. Это открывает возможность рассмотреть физико-химическую сторону таких важных технологических процессов, как образование дисперсных систем: суспензий, эмульсий, аэрозолей, почв, горных пород, мелкозернистых строительных и конструкционных материалов и др. Их общей чертой служит предельно высокое развитие поверхностей раздела фаз, что предопределяет возможность широкого варьирования свойств дисперсных материалов, в том числе обеспечение их высокой прочности и долговечности, а также возможность интенсификации технологических процессов в системах с высокодисперсными фазами.

При введении следующего элемента системы – понятия поверхностной энергии, полезно воспользоваться следующей аналогией. Пусть некоторое тело находится на определенной высоте относительно поверхности земли. При этом тело обладает некоторым запасом потенциальной энергии. Если его еще приподнять относительно последнего положения, запас потенциальной энергии у него увеличивается. Следует указать учащимся, что при увеличении потенциальной энергии тела за счет совершения работы против силы тяготения, оно будет обладать избытком потенциальной энергии. Как мы уже знаем, если на молекулу в поверхностном слое действует сила, направленная внутрь объема жидкости, то молекулы поверхностного слоя обладают избытком энергии. Но так как природа сил, действующих на эти молекулы, другая, то избыточная энергия молекул поверхностного слоя называется полной (для всей поверхности) свободной поверхностной энергией. Полная свободная поверхностная энергия, отнесенная к единице площади поверхностного слоя, называется поверхностной энергией.

Такая трактовка поверхностной энергии дает возможность подчеркнуть ее отличие от коэффициента поверхностного натяжения, а также выявить связи между

ними (наиболее наглядная связь хотя бы в том, что они измеряются в одних и тех же единицах измерения, а именно: ньютон деленный на метр). К выводу о том, что полная поверхностная энергия стремится к минимуму, учащиеся приходят после демонстрации известного опыта Плато [5]. Следует указать школьникам, что наименьшее значение полной поверхностной энергии у кристаллов достигается при определенном соотношении их граней. Поэтому кристалл, в отличие от жидкости, обладает определенной геометрической формой.

Заключая формирование понятий поверхностного натяжения и поверхностной энергии, желательно рассмотреть механизм увеличения (уменьшения) поверхности конденсированного состояния, что даст возможность установить связь между характеристиками поверхностного слоя. Учащимся сообщают, что новую поверхность можно образовать двумя способами: путем растяжения имеющейся и путем разделения или разрыва жидкости на части.

Растяжение какого-нибудь твердого тела показывает, что чем больше мы увеличиваем поверхность, тем большую силу нам приходится прикладывать. Причина названного явления заключается в том, что при увеличении поверхности твердого тела происходит увеличение расстояния между молекулами, составляющими его поверхность. Деформация поверхности увеличивается, значит, возрастают сила и коэффициент поверхностного натяжения, а поверхностная энергия остается постоянной. При образовании новой поверхности путем раскалывания кристалла не происходит изменения расстояния между молекулами, то есть новая поверхность по своему строению не отличается от первоначальной. Следовательно, поверхностное натяжение и поверхностная энергия не меняются.

По-другому происходит увеличение поверхности жидкости. Поверхность жидкости увеличивается за счет перехода в поверхностный слой из глубины жидкости новых молекул, а не за счет увеличения расстояния между одним и тем же числом поверхностных молекул. При увеличении поверхности жидкости увеличивается свободная поверхностная энергия, но вместе с тем происходит охлаждение поверхностного слоя. Причина понижения температуры поверхностного слоя состоит в следующем. Для образования новой поверхности молекулы должны двигаться к поверхности, преодолевая молекулярное притяжение, направленное внутрь жидкости. При этом их скорость частично уменьшается этим притяжением, так что температура поверхностного слоя понижается по сравнению с температурой внутри жидкости, если не подводится извне некоторое количество теплоты.

Для изотропной жидкости эти два способа образования новой поверхности слоя часто отождествляются друг с другом, хотя, строго говоря, это не так (можно математически доказать). Причиной этого, по-видимому, является совпадение их размерностей и численных значений для изотропной однокомпонентной жидкости и эквимольной поверхности.

В случае соприкосновения с твердым телом силы сцепления молекул жидкости с молекулами твердого тела начинают играть существенную роль. Поведение жидкости будет зависеть от того, что больше: сцепление между молекулами жидкости или сцепление молекул жидкости с молекулами твердого тела. Явление смачивания и не смачивания наиболее яркий пример проявления сил взаимодействия между жидкостью и твердым телом. В учебниках последних лет формула высоты поднятия (или опускания) жидкости по капилляру рассчитывается традиционным способом на основе

уравновешивания силы поверхностного натяжения жидкости и силы тяжести столба жидкости в капилляре.

Отдельным блоком в системе представлены капиллярные явления, которые получили наибольшее распространение в жизни. Из-за действия межмолекулярных сил сцепления поверхность жидкости около стенки изгибается вверх или вниз в зависимости от того, смачивает она стенку или нет. В узкой трубке края жидкости образуют всю поверхность жидкости так, что поверхность имеет вид, напоминающий полусферу (так называемый мениск), обращенную вверх вогнутостью, в случае смачивающих жидкостей, и вверх выпуклостью - в случае не смачивающих. Наличие кривой поверхности жидкости связано с наличием разности давлений, расчет которой можно поручить хорошо успевающим ученикам.

Особое место в системе знаний по свойствам жидкостей занимают анализы примеров использования их на практике, в технологических процессах, проявления в природе (стирка, крашение, склеивание, смазка, паяние, использование фитилей, огнетушитель, пенобетон, растворение, адсорбция, флотация, влажность почвы, питание растений и др.). Выбор содержания и объема дозировки этого материала – важнейший элемент учебного процесса вообще, а в условиях поиска надежных решений нормализации учебной нагрузки учащихся приобретает особое значение.

Таким образом, предлагаемая система отвечает всем аксиоматическим условиям, предъявляемым к системам: существованию, множеству объектов, единому единству, достаточности.

Какие же практические выводы дает использование данной системы в процессе преподавания свойств жидкостей?

1). Выделены главные знания по изучению свойств жидкостей в курсе молекулярной физики, основные из которых объясняются учащимся с точки зрения молекулярно-кинетических представлений.

2). Основные знания являются теоретической основой темы, для нужд которой будет служить соответственно подобранный вспомогательный (прикладной) материал.

3). Учет иерархии понятий, величин, закономерностей и их взаимосвязей в системе позволяет определить последовательность изучения вопросов и методически обоснованно подойти к рассмотрению того или иного фундаментального знания, обозначив для этого необходимые опорные знания.

4). Детализация системы дает возможность определения регламентированного объема содержания на любую единицу учебного процесса вплоть до отдельного урока, что, в конечном счете, должно нормализовать учебную нагрузку школьника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мааткеримов Н.О. К вопросу исследования проблемы нормирования учебного процесса по физике //Современные аспекты педагогической технологии. – Каракол: ИГУ им. К. Тыныстанова, 1996. –С. 49-54.
2. Мааткеримов Н.О. Нормализация учебной нагрузки учащихся при обобщении основ молекулярно-кинетической теории. Депонирована в РНТБ Комитета по науке и новым технологиям Кыргызской Республики. -№675. –1994. –С.8.
3. Системные исследования. Методологические проблемы /Редкол. Д.М. Гвишиани, В.Н. Садовский, А.К. Айламазян и др. –М.: Эдиториал УРСС, 1996.