А.Н. Дахин

СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СРЕДСТВО УКРУПНЕНИЯ ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ В КУРСЕ ФИЗИКИ

Что есть образование?
В счастье — украшение, в несчастье — прибежище.
Аристотель

Познание начинается с удивления, а продолжается через деятельность. Для школьников это в первую очередь учебная деятельность, которая, развиваясь, становится исследовательской и часто приводит учащихся к собственному творчеству. Именно так, взяв за основу работы П.Я. Гальперина, С.Л. Рубинштейна, А.Н. Леонтьева, П.М. Эрдниева, мы представляем процесс поэтапного формирования знаний.

Преподаватели физики сталкиваются с проблемой, которая возникает при изучении сложных разделов этого предмета. Существуют подходы, при которых учение отождествляется с историческим путём развития познания этой науки. Однако не всегда целесообразно повторять все этапы исследования в том виде и последовательности, которые были в истории науки. Кроме того, учитывая возрастные особенности ребёнка, мы готовим излагаемый материал в виде специальных дидактических конструкций. Но чрезмерная дидактоцентрированность процесса обучения — тоже крайность. Так, фундаментальным физическим законам и свойствам не всегда уделяется достаточное внимание. У школьников и преподавателя до них просто «не доходят руки». На первый взгляд дидактогенный подход призван подготовить такие технологии, которые помогут учащемуся легко усвоить даже сложный материал. Эта точка зрения использует расхождения между дидактикой и теорией познания и основывается в значительной мере на личном опыте и особенностях мышления обучающегося. Таким образом, выявляется противоречие, которое возникает в проектировании обучения и связано с необходимостью сочетать логику научного познания и дидактические закономерности, не всегда согласующиеся с этой логикой. Бывают удачные способы объяснения материала, основанные на нестрогой аналогии, интуиции, образных сравнениях и т.д. Наверное, пути обучения и процессы познания не могут быть полностью независимыми и жёстко разделёнными, поэтому необходимо их гибко сочетать.

Мы исходили из следующего предположения: если взять за элементарную дидактическую единицу учебное действие, направленное на поставленную учебную цель, то из совокупности таких единиц можно сконструировать учебный модуль (или элемент технологии). Такого рода модули образуют целостную технологию обучения, которую обычно называют *деятельностной*. Но этого мало. Нужна логика и система научного познания, т.е. гносеологические основания технологии. Назовём их *системными*. Диалектическое сочетание этих двух подходов и будем понимать как системно-деятельностное обучение. Нам пока не удалось выделить в чистом виде те инварианты и компоненты, которые присущи системно-деятельностному обучению. Хотя простое сочетание конструкций каждого из этих методов вполне допустимо. Этот приём имплицитен каждому диалектическому действию, каковым является проектирование системно-деятельностного обучения. Более того, такое построение — не самоцель, а вспомогательная конструкция, позволяющая эффективно использовать уже давно зарекомендовавшую себя методику укрупнения дидактических единиц (УДЕ), которая, на наш взгляд, нуждается в некоторой модернизации для углублённого изучения физики. Чтобы успешно решать физические задачи повышенной сложности, необходимо знать множество разнородных научных сведений, а также обладать исследовательской интуицией. Каждое учебное действие, как правило, представляет собой совокупность рассуждений, формул и контролирующих мероприятий. А это уже содержится в методике УДЕ. Именно поэтому мы взялись проектировать системно-деятельностное обучение, которое через целеполагание, а также формы и методы учебной работы привело бы школьников и студентов к обобщениям и систематизации физических знаний.

Преподаватели физики сталкиваются с проблемой формирования естественнонаучного мышления школьников. Действительно, механизм перевода знаний (и не только естественнонаучных) с общекоммуникативного языка на чисто ментальный язык внутренней речи достаточно сложный. Научное мышление становится культурным достоянием ребёнка, проходя три стадии интериоризации. Л.С. Выготский характеризовал это следующим образом. При вращивании, т.е. переходе мыслительной функции внутрь, происходит сложная трансформация всей её структуры. А именно: 1) замещение уже имеющихся функций; 2) изменение элементарных процессов и входящих в состав высшей мыслительной функции; 3) возникновение новых системных функций, принимающих на себя те назначения в общей структуре поведения, а также мышления, которые раньше выполнялись только частично [1]. А.Н. Леонтьев бился над этой проблемой более 40 лет (по его собственному признанию). Школьный учитель располагает более скромными временны́ми масштабами, а проблема перед ним стоит не меньшая. Действительно, в проекте обязательного минимума содержания образования [2], где прописаны требования к уровню подготовленности ученика, читаем:

«Изучение физики должно предоставить учащимся возможность:

— овладеть естественнонаучным методом познания и его возможностями, освоить основные процедуры исследования физических явлений и обработки результатов эксперимента;

— критически осмысливать информацию на основе фундаментальных законов физики, анализировать обоснованность теоретических моделей и гипотез, делать выводы на их основе...». Каждому ученику следует добиться этого за пять лет. Но вот педагогические технологии формирования даже отдельных приёмов осмысления фундаментальных законов физики представлены слабо или не достаточно освоены педагогами-практиками.

Мы хотим предложить технологию решения физических задач повышенной сложности именно с позиций системно-деятельностного обучения. За основу возьмём модель, основанную на укрупнении дидактических единиц. Теоретические основы УДЕ обладают внутренней полнотой и вполне могут применяться не только для обучения школьников, но и вузовской системе. Думаю, что основные положения УДЕ будут востребованы ещё в большей мере в связи с широким применением информационных технологий, когда проблемы системности и воспроизводимости знаний особенно актуальны. Строя свою траекторию развития в открытом образовательном пространстве, обучающийся сможет ориентироваться с помощью уже зарекомендовавшего себя эффективного дидактического инструмента, каковым является УДЕ.

Отметим, что традиционно идеи УДЕ широко применялись в курсе математики, которая отличается взаимосвязанностью понятий, научных фактов, методов описания явлений, способов систематизации, уровнем обобщения и т.д.

В теории УДЕ можно выделить несколько почти самостоятельных дидактических направлений. Во-первых, укрупнение дидактических единиц рассматривается с точки зрения обобщения и систематизации знаний. Отечественный психолог С.Л. Рубинштейн, уделив особое внимание формированию целостного представления об изучаемом объекте, в качестве элементарной единицы умственной деятельности выделил действие. Другие исследователи принимают за такую единицу иные структуры. Например, «познавательное действие» (Т.И. Шамова), «дидактический приём» (М.И. Махмутов), перечень учебных заданий и упражнений (Д. Брунер) и др.

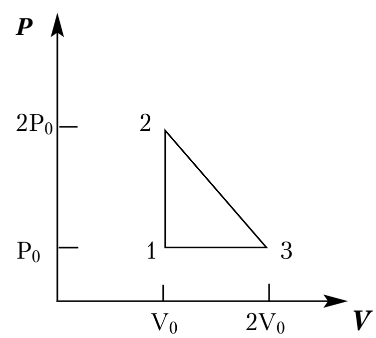
Во-вторых, выделяют единицы предметного содержания: понятия, фундаментальные законы и закономерности, систему заданий и упражнений.

В-третьих, УДЕ трактуется как процесс исследования научной проблемы дедуктивным способом, т.е. от абстрактного восприятия к конкретному осмыслению и воссозданию связей исходной учебной единицы с общей структурой знаний. Здесь укрупнение означает способ исследования, а не простое увеличение объёма учебного материала (П.М. Эрдниев). Мы, разделяя именно эту позицию, применили её для проектирования системно-деятельностного обучения.

В теории познания сложных систем укрупнение рассматривается как гносеологическая категория, позволяющая быстро получать информацию о сложной структуре. Мы использовали это при углублённом обучении студентов и школьников. Решение задач повышенной сложности приводило ребят к развитию их творческих способностей и исследовательских навыков. Можно вспомнить примеры из истории науки, когда чисто методический приём, которым, в сущности, и является УДЕ, позволил сделать открытия в физике.

Приведём практический пример.

Задача. *Найти КПД цикла, изображённого на рисунке, рабочим телом является идеальный одноатомный газ.*



Эта «невинная» на первый взгляд задача содержит множество физических тонкостей, на которых можно эффективно построить обсуждение фундаментальных термодинамических явлений, причём исследования будут возникать сами собой из проблемных ситуаций.

По определению КПД

$$\eta = \mathbf{A/Q_н}, \qquad (1)$$

где **A** — работа, совершённая за один цикл, $\mathbf{Q_н}$ — количество теплоты, полученное от нагревателя. Что касается работы **A**, то она численно равна площади треугольника и найти её не представляет труда:

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2}\mathbf{P_0V_0}.$$

Но вот с $\mathbf{Q_н}$ не всё так просто. Будем разбираться последовательно. Пусть цикл работает в прямом режиме, т.е. по часовой стрелке; на участке **1–2** теплота поступает, так как газ нагревают изохорически. Используя первый закон термодинамики, имеем

$$Q_{1\text{-}2} = \Delta U_{1\text{-}2} + A_{1\text{-}2} = \Delta U_{1\text{-}2} = \frac{3}{2}\Delta PV = \frac{3}{2}\Delta P_0V_0.$$

При расчёте вклада в общее количество теплоты, полученное от нагревателя $Q_н$ на участке **2–3,** у школьников возникает типичная ошибка. Часто, записывая первый закон термодинамики в виде $Q=\Delta U+A$, делают заключение, что $Q_{2\text{-}3} = A_{2\text{-}3}$, при этом считают, что $Q_{2\text{-}3}$ и есть та теплота, которая получена от нагревателя и которую необходимо добавить в выражение для полного количества теплоты $Q_н$, фигурирующего в формуле (1). Но здесь допущена ошибка и давайте с ней разберёмся. Думаю, что анализ ошибок тоже важен для лучшего осмысления задачи.

Действительно, можно представить следующие правдоподобные на первый взгляд соображения. Внутренняя энергия идеального газа вычисляется по формуле

$$U = \frac{3}{2} PV.$$

Для точек **2** и **3** получаем:

$$U_2 = U_3 = \frac{3}{2} \cdot 2P_0V_0 = 3P_0V_0.$$

Значит, на интервале **2–3** $\Delta U=0$, хотя этот процесс не изотермический. Здесь происходит как нагревание газа, так и его охлаждение. Где-то в промежутке между **2** и **3** есть точка с наиболее высокой температурой. Назовём её самой горячей точкой. Исследуем для начала ситуацию с изменением температуры на участке **2–3**. Зависимость $P(V)$ находится из условия линейности и граничных значений. Пусть $P(V)=-kV+B$, причём $P(V_0)=2P_0$; $P(2V_0)= P_0$. Получаем зависимость

$$P(V) = -\frac{P_0V_0}{R} V + 3P_0. \qquad (2)$$

Используя уравнение состояния идеального газа (для простоты возьмём его в количестве 1 моля, ведь КПД от количества вещества не зависит) $PV=RT$, выразим переменную P через T и подставим в (2).

Получаем следующую зависимость температуры от объёма:

$$T(V) = -\frac{P_0V_0}{R} V^2 + 3\frac{P_0V_0}{R}. \qquad (3)$$

Видим, что зависимость $T(V)$ — параболическая**.** Эта функция имеет максимум при

$$V_m = \frac{b}{2a} = \frac{3}{2} V_0.$$

Здесь a и b стандартное обозначение коэффициентов квадратного трёхчлена. Максимальная температура находится из (3):

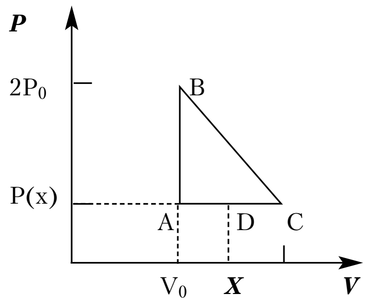
$$T_m = \frac{9}{4} \cdot \frac{P_0V_0}{R} = (3/2)^2 T_1,$$

где $T_1 = \frac{P_0V_0}{R}$ — температура в точке **1**.

Таким образом, мы получили, что самая горячая точка находится по середине участка **2–3**.

Сразу же возникает вопрос: следует ли из вышесказанного, что до состояния T_m тепло поступало, а затем отдавалось холодильнику? Конечно, нет. Первое начало термодинамики вполне допускает процессы, которые идут с поглощением теплоты и одновременно с понижением температуры. Всё дело в соотношении совершённой газом работы и поступившего тепла. Так что вопрос о поступившем количестве теплоты придётся исследовать дополнительно. Запишем первый закон термодинамики для перехода из точки **2** в какую-нибудь промежуточную точку участка **2–3**, которую охарактеризуем координатами ***(X; P(x))***.

$\Delta Q(x) = \Delta U(x) + A(x)$, где $\Delta Q(x)$ — количество теплоты, поступившее в систему при переходе из состояния 2 (точка В) в положение ***(X; P(x))*** (точка С).



Работа численно равна площади трапеции ABCD:

$$A=\frac{1}{2}\cdot(2P_0+P(\boldsymbol{x}))(\boldsymbol{x}-V_0).$$

$$\Delta U(x)=\frac{3}{2}\cdot(P(\boldsymbol{x})\,\boldsymbol{x}-2P_0V_0).$$

Составим выражение для количества поступившего тепла

$$\Delta Q(x)=\Delta U(x)+A(x)=(2P(x)+P_0)\boldsymbol{x}-(4P_0+P(\boldsymbol{x})/2)V_0.$$

Используя (2), исключим переменную $P(\boldsymbol{x})$ и получим зависимость только от $\boldsymbol{x}$.

$$\Delta Q(x)=[2\cdot(-\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\,\boldsymbol{x}+\mathbf{3P_0})+P_0]\,\boldsymbol{x}-$$

$$[4P_0+\frac{1}{2}(-\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\boldsymbol{x}+\mathbf{3P_0})]V_0=-2\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\boldsymbol{x}^2+\frac{15}{2}\cdot\mathbf{P_0}\,\boldsymbol{x}-$$

$$-\frac{11}{2}\cdot\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}.$$

Квадратичная зависимость $Q(x)$ имеет максимум в точке

$$\boldsymbol{x_m}=-\frac{b}{2a}=\frac{15}{8}\cdot\mathbf{V_0}.$$

Вот та точка, до которой теплота поступает в систему, так как $\Delta Q(x)$ увеличивается, а после неё тепло отдаётся холодильнику. Как видим, она совсем не совпадает с самой горячей точкой цикла. Хотя это вполне можно было и предвидеть. Действительно, в окрестности точки $\mathbf{V_m}$ процесс можно считать почти изотермическим (квазиизотермическим). Условие максимума температуры означает, что производная функции **T(V)** равна нулю и температура практически не меняется, а это и есть условие изотермичности. Раз так, то вблизи самой горячей точки dU=0, а из первого закона термодинамики сразу же получим, что $dQ(\boldsymbol{x_m})=dA$. Но работа совершается на всём участке 2–3, и на нём нет квазиизохорических переходов, т.е. $dA(\boldsymbol{x_m})>0$. Таким образом, в точке $\mathbf{V_m}$ теплота подводится и это состояние не может быть критическим для $\Delta Q(x)$.

Теперь доведём расчёт КПД до конца:

$$\Delta Q(\boldsymbol{xm})=\frac{49}{32}\,\mathbf{P_0V_0};$$

$$\mathbf{Q_н}=\mathbf{Q_{1\text{-}2}}+\Delta Q(\boldsymbol{x_m})=\frac{3}{2}\cdot\mathbf{P_0V_0}+\frac{49}{32}\,\mathbf{P_0V_0}=\frac{97}{32}\mathbf{P_0V_0}$$

$$\eta=\mathbf{A/Q_н}=\mathbf{0{,}5}\cdot\frac{32}{97}=\frac{16}{97}.$$

Рассмотрим ещё два способа решения этой задачи, которые, правда, основаны на начальных сведениях дифференциального исчисления. Как мы уже говорили, критическую точку $\boldsymbol{x_m}$ можно найти, приравняв нулю производную $\Delta Q'(\boldsymbol{x_m})$. А так как первый закон термодинамики в дифференциальном виде имеет следующий вид: dQ=dU+dA, то для критической точки имеем: dU+ dA=0.

Можно считать, что вблизи критической точки $\boldsymbol{x_m}$ расширение газа носит квазиадиабатический характер. Вспоминая выражения для изменения внутренней энергии и совершённой работы, можно записать:

$$dU=\frac{3}{2}\,d(PV)=\frac{3}{2}\,(PdV+VdP);\quad dA=PdV.$$

Складывая эти выражения, получаем:

$$\frac{5}{2}\,PdV+VdP=0.$$

Используя (2), имеем:

$$dQ=\frac{5}{2}\,(-\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\,\mathbf{V}+\mathbf{3\,P_0})dV-\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\,VdV=0.$$

Следовательно,

$$\frac{\boldsymbol{dQ}}{\boldsymbol{dV}}=-\frac{5}{2}\,\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\mathbf{V}+\frac{15}{2}\cdot\mathbf{P_0}-\frac{3}{2}\,\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\mathbf{V}=-\frac{8}{2}\,\frac{\boldsymbol{P_0}}{\boldsymbol{V_0}}\mathbf{V}+\frac{15}{2}\cdot\mathbf{P_0}=\mathbf{0}.$$

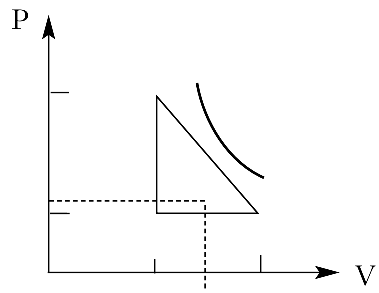
Значит, $\mathbf{V}=\frac{15}{8}\,\mathbf{V_0}$ — критическая точка.

По сути, мы произвели расчёт предыдущих соображений, только в дифференциальной форме.

Далее приведём метод, впрямую не связанный с предыдущими решениями, хотя он даёт тот же результат.

Как мы уже отмечали, вблизи критической точки x_m газ совершает квазиадиабатическое расширение. Значит, локально поведение газа можно описать адиабатой, уравнение которой хорошо известно:

$$PV^{\gamma}=\text{const}.$$



Другими словами, адиабата коснётся прямой (2) в критической точке. Из этих соображений и найдём x_m в третий раз.

Пусть $PV^{\gamma}=C$, тогда $P=CV^{-5/3}$. (4)

Для одноатомного газа показатель адиабаты $\gamma=5/3$. Условие касания адиабаты прямой (2) означает, что производная функции $\mathbf{P(V)}$ в точке $V=x_m$ равна коэффициенту наклона прямой, который мы уже вычислили

$$k=-\frac{P_0}{V_0}.$$

$$\frac{dP}{dV}=-5/3\cdot CV^{-8/3}=-\frac{P_0}{V_0}.$$ Отсюда получим:

$$x_m=\left(\frac{\quad}{\quad}\right)^{3/8}.$$

Константу **C** найдём из условия принадлежности точки касания как прямой (2), так и адиабате (4).

$$P_m=-\frac{P_0}{V_0}\,x_m+3P_0=-\frac{P_0}{V_0}\left(\frac{\quad}{\quad}\right)+3P_0.$$

Подставляем P_m и x_m в (4), получим уравнение для **C**.

$$\left[-\frac{P_0}{V_0}\left(\frac{\quad}{\quad}\right)+3P_0\right]\left(\frac{\quad}{\quad}\right)=\mathbf{C}.$$

Значит, $\mathbf{C}^{3/8}=\frac{9}{8}\,P_0\left(\frac{\quad}{\quad}\right).$

Окончательно находим

$$x_m=\left(\frac{\quad}{\quad}\right)\frac{9}{8}\,P_0\left(\frac{\quad}{\quad}\right)=\frac{15}{8}\,V_0.$$

В качестве самостоятельного упражнения можно предложить такое задание. Найти самое горячее положение на участке 2–3, исходя из того, что в этой точке изотерма коснётся прямой 2–3.

Представим результаты решения задачи в виде плана, который обобщит изученный раздел и поможет учащимся систематизировать знания не только по расчёту КПД, но и по другим важным вопросам термодинамики.

План решения задач по расчёту КПД

1. Разбить весь цикл на участки и выбрать направление обхода, например, по часовой стрелке.
2. Произвести расчёт, используя таблицу 1.
3. Составить общее выражение для $\mathbf{Q_н=Q_1+Q_2+\ldots}$
4. Записать общее выражение для $\mathbf{Q_х=Q_I+Q_{II}+\ldots}$
5. Вычислить КПД, используя определение $\mathbf{\eta=(Q_н-Q_х)/Q_н=A/Q_н}$

Обсудим теперь результаты такого анализа конкретной физической задачи. Укрупнение дидактических единиц мы применили не только в смысле объёмного увеличения изучаемой физической проблемы, но и как способ исследования физической задачи в более крупном плане. При этом произвели построение достаточно простых модификаций изучаемого явле-

Таблица 1

Стандартные изопроцессы				Произвольный процесс
Изохорический	**Изобарический**	**Изотермический**	**Адиабатический**	
$Q=C_v\Delta T=U=$ $=i/2\Delta PV$; $A=0$. Определить знак Q	$Q=C_p\Delta T=U+$ $+P\Delta V$; $A=P\Delta V$. Определить знак Q	$Q=A$, $\Delta U=0$, $A=\nu RT\ln V_1/V_2$ Определить знак Q	$Q=0$, $A=-\Delta U=$ $=i/2\,(P_1V_1-$ $-P_2V_2)=$ $=\dfrac{P_1V_1-P_2V_2}{\gamma-1}$	1) Найти критическую точку ($dQ=0$). Способы: а) решить уравнение $dU=-PdV$; б) найти точку касания с адиабатой $PV^{\gamma}=C$; в) найти максимум функции $\Delta Q(V, T, P)$

ния, которые адекватно описывают физический процесс. Можно выделить несколько основных характеристик УДЕ, наиболее приемлемых, на наш взгляд, для углублённого изучения физики в средней школе.

• Совместное и одновременное изучение взаимосвязанных учебных действий, операций, теорем, законов и т.д. (в нашем примере это удачное объединение фундаментальных законов термодинамики и конкретных приёмов расчёта макрохарактеристик идеального газа, а также КПД).

• Единство процессов выделения (идентификации) как проблемных ситуаций, так и способов решения учебных задач.

• Комплексное рассмотрение (т.е. во взаимосвязи) частных промежуточных заданий, возникающих в ходе решения задачи, а также конструирование упражнений особого рода, способствующих более широкому ви́дению учащимися исследуемого физического явления. (В нашем примере это геометрическая интерпретация.)

• Выявление природы физико-математических знаний и осознание их системности.

• Реализация принципа дополнительности в обучении (в нашей задаче это тренировочные упражнения для различной интерпретации исследуемой проблемы, а именно — описание локального поведения системы, расчёт термодинамического процесса в целом, использование графических методов).

Таким образом, объединение нескольких учебных заданий в группы (в рамках одной крупной исследовательской проблемы) позволяет преобразовать в целостную совокупность разрозненные и не всегда системные знания школьника. Особо хотелось бы отметить эффективность конструирования обратных задач или проблем. В рассмотренном случае это помогло избежать распространённой ошибки расчёта количества теплоты, полученного от нагревателя на участке **2–3**, о которой уже говорилось выше. Для этого достаточно было сформулировать вопрос по-другому: «Как определить этапы поступления и оттока теплоты на участке **2–3**?» Процедура исследования этой ситуации привела к правильному расчёту КПД и к глубокому осмыслению термодинамических явлений.

Справедливости ради отметим, что организация образовательного процесса, основанная на системно-деятельностных технологиях, очень полезна и самому преподавателю. Во-первых, он проверяет свои знания, так как при такой организации обучения выводы и результаты учащихся могут быть самыми неожиданными и здесь уже не обойтись только объёмом школьного учебника. Во-вторых, когда ищешь способы «наведения» ребят на решение задачи, часто приходят новые идеи и оригинальные способы рассуждений. В-третьих, те, в большинстве случаев почти нелепые, вопросы, которые задают учащиеся или студенты, прекрасно стимулируют мысль и заставляют с новой точки зрения взглянуть на, казалось бы, стандартное физическое явление. Всё это помогает собственному творчеству.

Выделенные нами этапы обучения физике можно условно представить в виде следующей структурной схемы.

Предварительное знакомство с действием и создание ориентировочной основы

$\Rightarrow$

Материализованное действие в соответствии с учебным заданием. Учащиеся работают с моделями, схемами, макетами и сверяют свои действия с ориентировочной основой

$\Downarrow$

Этап внешней речи. Функцию ориентировочной основы выполняет внешняя речь. Учащиеся проговаривают те действия, которые они выполняют и осваивают. В сознании происходит обобщение, сжатие информации, действия автоматизируются

$\Downarrow$

Этап внутренней речи. Школьники проговаривают действия про себя. Производится дальнейшее свёртывание и обобщение информации, а также перевод знаний в сферу внутреннего культурного достояния и экзистенциального опыта

$\Downarrow$

Этап понимания и автоматизированного действия. Перевод знаний с общекоммуникативного языка на язык внутренней речи (интериоризация). Отработанные учебные действия выполняются автоматически, даже без мысленного контроля и становятся культурным достоянием обучающихся

Рис. 1. Структурная схема поэтапного формирования знаний

Важнейший системообразующий фактор учебной деятельности — целеполагание. В системно-деятельностном обучении мы попытались частично снять противоречие между ролью учащегося как равноправного участника образовательного процесса и неучастием его в постановке целей. Получив конкретную физическую задачу, ученик пробует самостоятельно понять, к каким результатам он должен прийти и как их проверить. Кроме того, открытый список планируемых результатов обучения может быть ключом к информационным ресурсам, которые желательно подготовить в виде пособия, сводных таблиц или CD-дисков. Исследования крупных и сложных задач помогают ученику понимать многофакторность явлений и развивают комплексное мышление. А это необходимое умение самостоятельно эффективно развиваться в открытом образовательном пространстве.

В заключение приведём примеры из истории. Можно вспомнить случаи, когда эффективная преподавательская деятельность учёного приводила его к научному открытию. Взять хотя бы классический пример создания Д.И. Менделеевым периодической системы. Но мне всё же хочется остановиться на двух открытиях в физике, которым она в какой-то мере обязана педагогике (да простят меня физики-профессионалы).

Известный физик Петер Дебай познакомился с работами Луи де Бройля, в которых автор выдвинул гипотезу о существовании волновой структуры электрона и показал, что при условиях интерференции можно заменить движение электрона волновым движением. Идея эквивалентности волнового и корпускулярного движений была воспринята некоторыми физиками скептически. Отрицательно отнёсся к ней и Эрвин Шредингер, ученик Дебая. Когда Дебай попросил его рассказать об идеях де Бройля молодым учёным, Шредингер отказался. Через какое-то время Дебай, пользуясь своими профессорскими полномочиями, повторил предложение Шредингеру чуть более убедительнее, тот согласился и, как прилежный ученик, стал искать способы доходчивого изложения идей де Бройля молодёжной аудитории. Докладчик нашёл удачную форму рассказа о статьях де Бройля на основе аналогии с волновыми уравнениями электродинамики. По окончании выступления Дебай сказал Шредингеру: «Послушайте, вы ведь сделали замечательное открытие фундаментального уравнения квантовой механики». «Ничего подобного, — ответил Шредингер, — я всего лишь пересказал работу де Бройля». Теперь об уравнении Шредингера знает каждый школьник, а появилось оно именно в результате педагогической деятельности учёного.

И второй пример, на мой взгляд, не менее красноречивый. Относится он к выводу распределения молекул по скоростям, которое вывел Максвелл, сдавая вступительный экзамен в аспирантуру известному физику Д. Стоксу. Происходило это в Кембридже, во второй половине XIX века. Аспирантский экзамен в те годы был достаточно трудным. Стокс давал задачи, причём его система была такова: поступающему предлагалось около 10 различных задач, и он сам мог выбрать ту, которую потом защищал перед комиссией. Стокс часто предлагал и неразрешимые в то время задачи, например, задачу трёх тел, чтобы посмотреть, насколько претендент эрудирован в физической науке. К числу таких неразрешимых проблем относилось и распределение молекул по скоростям в газе. Максвелл выбрал именно эту задачу и, к изумлению Стокса, предложил очень правдоподобные и несложные рассуждения, основанные на теореме о произведении вероятностей независимых событий. А записанная Максвеллом формула распределения была признана научным сообществом и по сей день носит его имя.

Так простой перенос знаний из одной области в другую привёл к великим открытиям, а транслятором гениальных идей была дидактика. В этом, наверное, и есть сущность научной интеграции.

Литература

1. *Выготский Л.С.* Психология. М.: ЭКСМО-Пресс, 2000.

2. Проект обязательного минимума содержания образования//Народное образование. 2001. № 9. С. 203–279

3. Материалы по образовательной технологии ТОГИС / Сб. статей под общей редакцией В.В. Гузеева. М.: Народное образование, 2002.