ПРОБЛЕМА ЭСТЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Кондратьев Александр Сергеевич, *академик РАО, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры методики обучения физике Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.*

kondrat6125@mail.ru

Классен Наталья Сергеевна, *учитель физики и математики Волосовской средней школы № 2 Ленинградской области, аспирант кафедры методики обучения физике Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.*

natka_klassen1988@mail.ru

Обсуждается возможность и необходимость эстетического развития личности при изучении физики в средней школе на основе использования понятия математической красоты физической теории. Приводятся примеры, демонстрирующие методику обучения, обеспечивающего такое развитие личности.

Ключевые слова: **эстетическое развитие, математическая красота, фундаментальные положения физической теории.**

Развитие современной системы образования происходит в направлении её гуманизации и гуманитаризации. Понимаемая слишком буквально, эта тенденция приводит к сокращению учебного времени, отводимого для изучения естественных наук, в частности, физики. Между тем, увеличивающееся количество природных и техногенных катастроф однозначно свидетельствует о том, что необходимыми естественнонаучными знаниями должны обладать не только специалисты в соответствующих областях, но и руководители всех рангов, принимающие необходимые решения на всех уровнях.

Роль физики как лидера современного естествознания ярко иллюстрируется мнением выдающегося учёного Л. Каданова. Как отмечается в [1], физика учит нас, какие вопросы можно и следует задавать Природе, если мы хотим получить продуктивные ответы, показывает мощь и значение удачных предсказаний и удручающие, порой трагические последствия неудачных; учит тому, как нужно подходить к исследованию незнакомой и непонятной ситуации, находить адекватный язык для её описания и устанавливать соответствующие ей законы. Иными словами, физика учит тому, что многие проблемы могут быть достаточно хорошо сформулированы, так что на них можно найти ответы. Изолирование проблем и возможность предсказания образуют краеугольный камень всех наук.

Приведённые положения характеризуют роль физики в системе современного образования как в плане получения конкретных знаний и выра-

ботки мировоззрения, так и в плане развития мышления обучаемых, которое, как показывает мировой опыт [1], оказывается эффективным средством успешной деятельности в различных областях, подчас весьма далёких от физики. Однако изучение физики может позволить решать и другие задачи образования, в частности, способствовать эстетическому развитию личности, которое в традиционной школе всегда являлось прерогативой предметов гуманитарного цикла.

В настоящей работе будут кратко рассмотрены возможности учебного предмета физики для эстетического развития учащихся на самых ранних стадиях изучения этой науки в средней школе.

На современном этапе развития физики наблюдается неуклонное повышение роли методологического принципа простоты и красоты физической теории [2,3]. Несмотря на отсутствие общепринятого определения понятия красоты и особенно красоты научной теории, наблюдается поразительное единодушие великих физиков прошлого и современности в том, какая физическая теория может считаться красивой. Отличительным признаком красоты теории по их мнению является, прежде всего, математическая красота входящих в теорию уравнений. Так, П. Дирак придерживался следующего мнения о критерии оценки физической теории: «…единственная реальная основа, о которой я мог думать, единственная основа, которая была бы достаточно общей для того, чтобы спасти меня от повторения тех же ошибок, заключалась в установлении принципа математической красоты: в действительности мы не знаем, каковы фундаментальные уравнения физики, но они должны обладать огромной математической красотой…Но математическая красота – это вещь особого рода. Я должен, возможно, сказать, что это вещь совершенно особого свойства…Она одинакова во всех странах и во все периоды истории» [4].

Природа математической красоты в определённой мере раскрывается мнением А. Пуанкаре: «Следовательно, именно эта гармония и есть объективная единственная реальность, единственная истина, которой мы можем достигнуть; и если я прибавлю, что универсальная гармония мира есть источник всякой красоты, то будет понятно, как мы должны ценить те медленные и тяжёлые шаги вперёд, которые мало-помалу открывают её нам»[5]. Отсюда следуют два вывода относительно места и роли математической красоты для физики как науки и для процесса её изучения. Во-первых, математическая красота физической теории является одним из определяющих факторов правильности физической теории, позволяющих в то же время намечать наиболее перспективные направления её дальнейшего развития. Во-вторых, развитие способности ощущать и понимать эту красоту является необходимым моментом при изучении физики, реализация которого позволяет говорить о полноценном результате обучения при выполнении всех остальных традиционных целей обучения.

Развитие способности воспринимать красоту физической теории должно основываться на ясном понимании принципиальных основ физического знания. Как отмечал А. Эйнштейн, - «Физика представляет собой

развивающуюся логическую систему мышления, основы которой можно получить не выделением их какими-либо индуктивными методами из пережитых опытов, а лишь свободным вымыслом…Эволюция происходит в направлении всё увеличивающейся простоты логических основ» [6]. Это означает необходимость организации системы обучения, последовательно опирающейся на общие методологические принципы физики, позволяющие наиболее последовательным образом как вводить фундаментальные понятия, так и демонстрировать единство физики как науки [7]. Именно на этом пути возможно обеспечить возможность развития высшей степени физического понимания, заключающегося в умении теоретического предсказания характера поведения рассматриваемой физической системы. Этот же путь открывает возможность эстетического развития обучаемых, ибо, по мнению А. Эйнштейна, - «…где только возможно, изучение должно стать переживанием, и этот принцип будет проведён в жизнь будущей реформой школы» [6].

Опора на общие методологические принципы образует второй компонент красоты физической теории, демонстрирует её универсальность и единство науки. Таким образом, красота физической теории означает как математическую красоту входящих в неё уравнений и формул, так и универсальность лежащих в её основе физических положений. Эстетическое развитие личности при изучении физики возможно только при сочетании этих моментов. Наконец, большое влияние на такое развитие оказывает выработка правильного стиля рассуждений, основанного на единстве логического и интуитивного компонентов [3,8]. Обучение физике, направленное на эстетическое развитие личности, соответствует современной тенденции развития образовательной системы «образование как учебная модель науки».

Проиллюстрируем приведённые положения на примере изучения механики. Начнём с анализа задач, посвящённых рассмотрению простейших гидростатических явлений на самых первых шагах изучения физики в средней школе. Приведём три характерных примера, позволяющих сделать первые шаги по эстетическому развитию учащихся. Рассмотрим задачу.

Найдите изменение уровня жидкости в вертикальном цилиндрическом сосуде при опускании в неё плавающего тела массы m (рис.1).

Для тела правильной формы задача легко решается с помощью закона Архимеда. Если h – изменение уровня жидкости в сосуде, а x – глубина погружения тела, отсчитываемая от начального уровня жидкости в сосуде, то вследствие несжимаемости жидкости справедливо:

$$sx = (S - s)h, \qquad (1)$$

где S – площадь горизонтального дна сосуда, а s – площадь основания бруска.

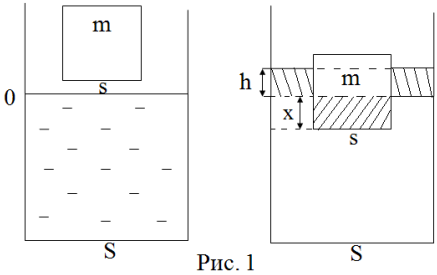

Рис. 1

На основании закона Архимеда имеем

$$mg = Dgs(x + h),$$

где D – плотность жидкости. Подставляя сюда $s(x + h) = Sh$ из соотношения (1), найдём $h = m/(DS)$.

Приведённое решение безукоризненно по строгости рассуждений, однако не может считаться безупречным в свете представлений о красоте физической теории. Во-первых, оно весьма громоздко для такой простой задачи и при этом ограничено условием правильной формы погружаемого тела. Во-вторых, оно опирается на частный закон Архимеда, при использовании которого в случае тела заданной, но неправильной формы громоздкость необходимых математических выкладок многократно возрастает и может вывести эту задачу за уровень элементарной математики. В случае тела произвольной неизвестной формы приведённое решение вообще не проходит. И, наконец, приведённое решение оказывается неприменимым в случае рассматриваемых ниже задач.

Элегантный и приводящий к более компактному решению задачи способ рассуждений основан на использовании более общего, чем закон Архимеда, положения о давлении p в жидкости на глубине H:

$$p = DgH \qquad (2)$$

Поставим мысленно сосуд с жидкостью на весы. При опускании в жидкость плавающего в ней тела сила давления на дно сосуда и, следовательно, на чашку весов увеличивается на mg. Но плавающее на поверхности жидкости тело непосредственно на дно не давит. Увеличение силы давления на дно происходит за счёт повышения уровня жидкости в сосуде. Поэтому $mg = DgSh$, откуда сразу следует полученный выше ответ. Приведённое решение красивее прежнего в математическом смысле и основано на более общем положении (2), из которого, в частности, следует и сам закон Архимеда. Отметим, что на такую же величину увеличится и осадка самого цилиндрического сосуда, если он не стоит на столе, а плавает в вертикальном положении на поверхности воды. Такая задача приведена в классическом для советской школы сборнике задач [9], где приведён неверный ответ для изменения уровня жидкости в цилиндре. Причина получения неверного ответа в указанном сборнике заключается в неучёте различия между объёмом погруженной части плавающего тела и объёмом жидкости, вытесненной из ранее занимавшегося ею положения, при реше-

нии задачи с помощью закона Архимеда. Такой неверный ответ просто невозможно получить при решении этой задачи на основе соотношения (2). Обратим внимание на то, что при втором подходе форма плавающего тела не играет никакой роли и может быть любой, что сразу определяет решающее преимущество этого метода с точки зрения физических соображений.

На наш взгляд, однако, целесообразно рассмотрение решения этой задачи на основе обоих приведённых подходов. Во-первых, такое рассмотрение позволит глубже понять правильную формулировку закона Архимеда и подчеркнуть разницу между объёмом погруженной части тела и объёмом «вытесненной» жидкости в случае, когда меняется первоначальный уровень жидкости при погружении в неё тела. Во-вторых, только при непосредственном сравнении этих подходов учащиеся смогут оценить красоту и элегантность подхода, основанного на использовании общего соотношения (2) для давления в жидкости, и его эффективность и универсальность при решении различных задач. В частности, открывается исключительно простой путь к решению следующей задачи.

В бассейне с неизменным количеством налитой в него воды плавает лодка, из которой выбрасывают в воду: а) плавающий в воде предмет массы m; б) тонущий в воде предмет той же массы. Определите, как изменяются при этом уровень воды в бассейне и осадка лодки. Те же вопросы, когда предметы выбрасываются не в воду, а на берег бассейна.

Задача легко решается при мысленном помещении всего бассейна с водой и лодкой на весы. Нетрудно убедиться, насколько усложняются рассуждения при попытке решать эту задачу с помощью закона Архимеда. Опыт показывает, что здесь наблюдается эстетическое развитие учащихся, эмоционально воспринимающих ситуацию, когда более простое и красивое решение открывает путь к решению более сложной задачи. Ещё в большей степени сказанное проявляется в случае следующей задачи [3].

Перевёрнутая тяжёлая коническая воронка стоит на ровной горизонтальной поверхности, покрытой резиновым ковриком, чтобы обеспечить плотный контакт края воронки с поверхностью, на которой она стоит. Узкое отверстие воронки заканчивается тонкой трубкой, через которую внутрь воронки можно наливать воду. Вода начинает вытекать из-под воронки, когда высота уровня воды в трубке становится равной h (рис.2). Какова масса воронки m, если площадь сечения её широкого отверстия равна S, а высота воронки рана H?

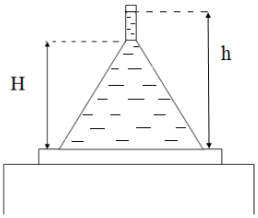

Рис. 2

Изложенный подход позволяет найти очень простое элегантное решение этой задачи. Осознав, что вода начинает вытекать из-под воронки, когда действующая на боковую поверхность воронки сила давления воды (направленная, как следует из соображений симметрии, вертикально вверх) уравновешивает действующую на воронку силу тяжести mg, приходим к выводу, что проще всего эту силу давления определить, мысленно помещая всю эту систему на весы. Показания весов определяются полной силой тяжести, действующей на помещённую на весы систему. Однако, когда вода начинает вытекать из-под воронки, воронка на чашку весов уже не давит, и эти показания определяются силой давления на подставку столба воды высотой h и площадью S. Поэтому справедливо равенство:

$$Mg + DgV = DghS, \qquad (3)$$

Где V – полный объём воды в воронке и трубке. Если трубка тонкая, то объёмом воды в трубке можно пренебречь по сравнению с объёмом воды в воронке. Тогда $V = HS/3$, и для массы воронки получаем выражение:

$$M = DS(h - H/3)$$

Полученный результат позволяет проанализировать условия экспериментального наблюдения описанного явления [3]. Отметим, что соотношение (3) справедливо при произвольной, а не только правильной конической форме воронки.

Красота описанного подхода к решению задачи воспринимается по-разному в зависимости от психологических особенностей личности: одни видят её в исключительной простоте исходных положений, другие – в изящности уравнения (3), соответствующего не очень простой экспериментальной ситуации. Но в любом случае здесь можно говорить об эстетическом развитии, ибо изложенное решение ярко иллюстрирует приведённое выше мнение П. Дирака.

Эстетическое развитие личности может успешно проводиться при изучении всего раздела механики в курсе физики средней школы. В качестве наиболее выразительного примера можно указать на использование геометрических образов векторных уравнений кинематики, динамики и статики, которое позволяет исключительно просто проводить решение задач с помощью известных учащимся теорем планиметрии и тригонометрических формул. Особенно впечатляющей и потому особенно эффективной для эмоционального восприятия является неожиданная простота, с которой при использовании данного подхода удаётся определять экстремальные значения искомых физических величин методами элементарной математики. Весьма эффективным для получения простых и элегантных решений весьма сложных задач является использование методологического принципа симметрии, в частности, обратимости механического движения консервативных систем во времени [7,10]. Таким образом, здесь можно говорить как о существенном повышении качества знаний по физике, так и о реализации новой дидактической функции учебного предмета физики – эстетического развития личности при её изучении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kadanoff L.P. Greats. Physics Today. 1994, N 4, P. 37 – 39.
2. Кондратьев А.С. Эстетическое развитие при изучении физики // Вестник СЗО РАО, 2000, Вып. 5. С. 73 – 78.
3. Кондратьев А.С., Ситнова Е.В. Парадоксальные черты физического мышления. Иваново, 2010.
4. Dyson F. From Eros to Gaia. N.Y., 1992.
5. Пуанкаре А. О науке. М., 1989.
6. Эйнштейн А. Физика и реальность. М., 1965.
7. Кондратьев А.С., Прияткин Н.А. Современные технологии обучения физике. СПб., 2006.
8. Кондратьев А.С., Панкова Т.Н. Логические и интуитивные аспекты при изучении физики // Сб». «Физика в школе и вузе. 2011, Вып. 13. С. 80 – 83.
9. Знаменский П.А., Мошков С.С. и др. Сборник вопросов и задач по физике. Л. - М., 1952. Задача № 417.
10. Кондратьев А.С., Уздин В.М. Физика. Сборник задач. М., 2005.