10. *Noskova T. N.* Setevaja obrazovatel'naja kommunikatsija: Monografija. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2011. 178 s.
11. Russkij muzej: virtual'nyj filial, portal proekta, adres dostupa: http://www.virtualrm.spb.ru/
12. *Alvin Toffler*. The Third Wave. ID 1368191 ISBN 0-553-24698-4. Bantam, 1991
13. *Beck Robert J.* «What Are Learning Objects?», Learning Objects, Tsenter for International Education, University of Wisconsin Milwaukee, 2009, adres dostupa: http://www.nwoet.org/tins/learning%20objects1.pdf
14. *Chiappe Andres*. Segovia, Yasbley; Rincon, Yadira (2007), «Toward an instructional design model based on learning objects», in Boston, Springer, Educational Technology Research and Development, Boston: Springer. P. 671–681, ISBN 1042-1629(Print)1556-6501(Online) Spanish Draft available in Blog de Andres Chiappe — Objetos de Aprendizaje(http://andreschiappe.blogspot.com/2007/09/que-es-un-objeto-de-aprendizaje-what-is.html), retrieved 2008-08-21
15. Coursera. Stanford University, адрес доступа: https://www.coursera.org/
16. *D. Randy Garrison* and *Terry Anderson*. E-Learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice. Cambridge University Press, 2003 eduSource, адрес доступа:http://www.itdl.org/journal/mar_04/article01.htm
17. Education and ICTs adres dostupa: http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=19033&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
18. Europeana. Adres dostupa: http://www.europeana.eu/portal/
19. *George Siemens*. LMS — the wrong place to start learning, adres dostupa: http://www. elearnspace.org/Articles/lms.htm
20. *H. Wayne Hodgins*. «The Future of Learning Objects» in «eTechnologies in Engineering Education: Learning Outcomes Providing Future Possibilities» N.Y.: Balantine Books, 2006.
21. Learning Technologies Standards Committee, USA (Oficial'nyj sajt Komiteta standartov obuchajushchih tehnologij, SShA), adres dostupa: http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone
22. Learning Object. Adres dostupa: http://www.learningobjects.com
23. MIT Open Courseware. Massachusetts Institute of Technology, adres dostupa: http://ocw.mit.edu/index.htm
24. Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching, MERLOT, adres dostupa: http://www.merlot.org/merlot/index.htm)
25. Salzburg Global Seminar, adres dostupa: http://www.salzburgglobal.org/current/

А. М. Цатурян

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ УМЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены возможные пути повышения эффективности обучения физике в средних школах при одновременном использовании возможностей теоретической и экспериментальной физики при решении конкретных задач. На примере решения одной задачи показано, как проводить физическое и математическое моделирование и определять границы их применимости.

Ключевые слова: математическое моделирование, экспериментальные задачи, граница применимости.

A. Tsaturyan

Experimental Physics Problems for the Development of Modeling Abilities

Possible ways of raising the effectiveness of teaching physics in secondary schools using the potential of theoretical and experimental physics for solving concrete problems are discussed. It is shown how to conduct physics and mathematical modeling and to determine the limits of their feasibility.

Keywords: mathematical model, experimental problems, feasibility limits.

В настоящее время большое внимание уделяется эффективности и качеству образования. Они являются ключевыми параметрами системы образования и определяют ее успешную реализацию. Применительно к обучению физике можно сказать, что эти характеристики должны удовлетворять такому пониманию физического мира, которое основывается на фундаментальных идеях науки физики. При этом высшим критерием совершенства развитой физической теории и свидетельством ее адекватного понимания является способность к теоретическому предсказанию характера предстоящих изменений общей картины изучаемого явления при варьировании значений параметров, определяющих это явление, и возможность расчёта соответствующих количественных характеристик [4, с. 5].

Основные тенденции развития обучения физике связаны с внутренней логикой развития физики как науки, которая характеризуется в настоящее время превращением классической диады “теоретическая физика — экспериментальная физика” в триаду “теоретическая физика — экспериментальная физика — вычислительная физика” [5, с. 3]. Решение любой физической задачи теоретическим путем есть математическое моделирование рассматриваемого в ней явления. Однако возможность теоретического решения задачи ограничивается степенью сложности ее математической модели. Как правило, математическая модель тем сложнее, чем сложнее описываемый физический процесс, и тем проблематичнее становится использование такой модели для расчётов. В простейшей ситуации решение задачи можно получить “вручную” аналитически. В большинстве же практически важных ситуаций найти аналитическое решение не удается из-за математической сложности модели. В таком случае используются численные методы решения задачи, эффективная реализация которых возможна только на компьютере, путем вычислительного эксперимента. Именно в связи с этим наряду с традиционным делением физики на теоретическую и экспериментальную и возникло новое направление — “вычислительная физика”.

По современным представлениям образование рассматривается как учебная модель науки. Эта концепция подразумевает необходимость адекватного отражения физических явлений и процессов на разных уровнях физического образования. В методике обучения физике наряду с требованием овладения определенным программным материалом придается важное значение формированию у учащихся физического мышления, практических навыков и умений осуществлять математическое и физическое моделирование реальных процессов и явлений и определять границы их применимости. Известно, что ни одна физическая задача относительно реальных явлений не решается точно, и всегда приходится пренебрегать влиянием каких-либо воздействий, которые мало существенны для рассматриваемого явления, т. е. приходится строить его физическую модель. При этом необходимо проводить оценку роли отбрасываемых величин и определять границы применимости используемой физической модели [2].

При решении определенных экспериментальных физических задач отчетливо представляется целесообразность и разнообразность выбранных физических и математических моделей. Особенно поучительны те задачи, при решении которых имеется возможность поэтапно учитывать физические характеристики, максимально приближающие результаты решения к результатам, полученным при проведении натурного эксперимента.

Проиллюстрируем на конкретном примере решения задачи роль моделирования, проведенного с учетом вышеуказанных рассуждений.

Угол α наклонной плоскости с горизонталью постепенно увеличивают от 0 до 90°. На плоскости находится ящик массой m. Коэффициент трения равен μ. Постройте

график зависимости силы трения $F_{тр}$ от угла α (рис. 1).

Обычно в таких задачах коэффициент трения покоя (μ_1) и коэффициент трения скольжения (μ_2) тела о плоскости принимаются равными ($\mu_1 = \mu_2$). Очевидно, что тело относительно плоскости остаётся неподвижным, пока составляющая силы тяжести $F = mg\sin\alpha$, направленная вдоль наклонной плоскости, не достигнет максимального значения силы трения покоя $F_{тр} = \mu_1 mg\cos\alpha$ и не превысит её. Из условия равновесия нетрудно получить $\mu_1 = tg\alpha_1$, где α_1 — угол наклона, при котором тело начинает скользить. Отсюда $\alpha_1 = arctg\mu_1$.

Представим график зависимости силы трения от угла наклона при $0^o \le \alpha \le 90^o$ (рис. 2).

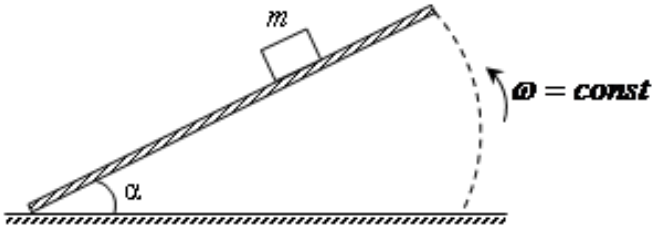

Рис. 1. Движение доски с постоянной угловой скоростью ($\omega = const$)

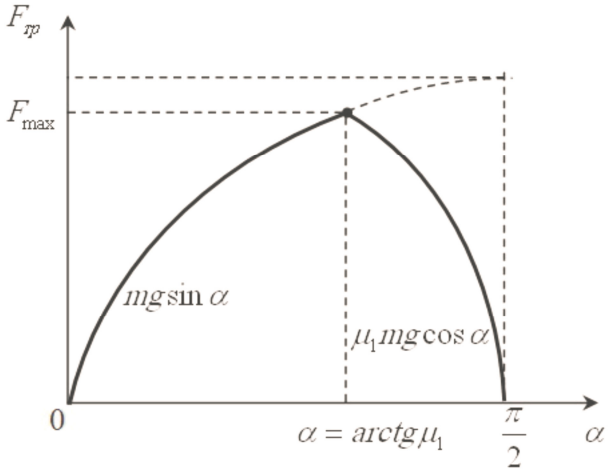

Рис. 2 График зависимости силы трения $F_{тр}$ от угла α в случае $\mu_1 = \mu_2 = \mu$

$$\left(F_{max} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}} \right).$$

Однако в действительности $\mu_1 \ne \mu_2$. В этом случае тело начнет скользить при угле $\alpha_1 = arctg\ \mu_1$, хотя оно продолжит скользить, если этот угол уменьшим до $\alpha_2 = arctg\mu_2$.

Построим график зависимости силы трения $F_{тр}$ от угла наклона α при $0^o \le \alpha \le 90^o$ (рис. 3).

Покажем разность $\Delta F_{тр}$ (см. рис. 3) максимальной силы трения покоя $mgsin\alpha_1 = gcos\alpha_1$ и силы трения скольжения $\left(\mu_2 mg\cos\alpha_1\right)$.

В первом случае это отличие не учитывалось.

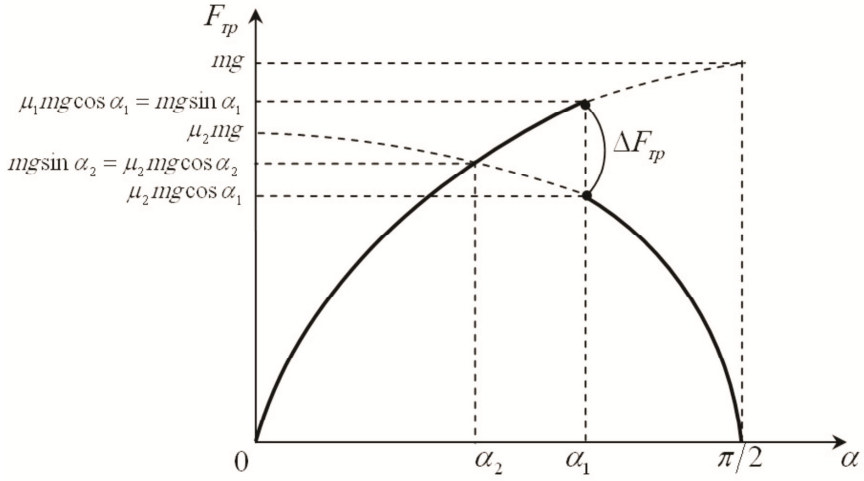

Рис. 3. График зависимости силы трения $F_{тр}$ от угла α в случае $\mu_1 \neq \mu_2$ ($\mu_1 > \mu_2$)

Для оценки разности сил трений $\Delta F_{тр}$ определим отношение $\gamma = \frac{\Delta F_{тр}}{F_{тр}} \cdot 100\%$ для конкретных значений μ_1 и μ_2.

$$\gamma = \frac{\Delta F_{тр}}{F_{1тр}} \cdot 100\% = \frac{(\mu_1 - \mu_2) mg\cos\alpha_1}{\mu_1 mg\cos\alpha_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\mu_2}{\mu_1}\right) \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для того чтобы судить о целесообразности моделирования, которое сделано в первом случае, необходимо теоретически оценить разницу между силами трения покоя и скольжения. А в плане эксперимента еще важнее учитывать наши возможности измерять ту или иную величину. В рассматриваемой нами задаче о разности сил можно судить и с помощью разницы между углами α_1 и α_2. Но так как в эксперименте гораздо труднее зафиксировать малейшие изменения угла, чем длины, можно измерить длину, исходя из соотношения между центральным углом и дугой окружности $\alpha = \frac{x}{L}$ (α — в радианах), где x — длина дуги, L — расстояние от тела до оси вращения. В работе [6] даны значения коэффициентов μ_1 и μ_2 для разных материалов.

В табл. 1 даны значения коэффициентов μ_1, μ_2, α_1, α_2, $\Delta\alpha$, γ.

Таблица 1

Материалы	μ_1	μ_2	α_1	α_2	$\Delta\alpha$	γ, %
1. Медь — медь	0,74	0,57	36,5°	29,5°	7	22,9
2. Алюминий — медь	0,61	0,47	31°24′	25°12′	6°12′	22,9
3. Резина — бетон	1,0	0,8	45°	38°42′	6°18′	20
4. Дерево — дерево	0,25–0,5	0,2	14°–26°30′	11°18′	2°42′–15°12′	20–60
5. Стекло — стекло	0,94	0,4	43°12′	21°48′	21°24′	57,5
6. Металл — металл	0,15	0,06	8°30′	3°30′	5°	60
7. Лед — лед	0,1	0,03	5°42′	1°42′	4°	70
8. Тефлон — тефлон	0,04	0,04	2°18′	2°18′	0	0

Во время эксперимента мы можем измерить длину до точности 0,5 мм, что соответствует углу ≈ 1,7' при L = 1 м. В табл. 1 значение $\Delta\alpha$ для разных материалов намного превышает угол 1,7'. Это означает, что в подавляющем большинстве случаев необходимо учитывать $\Delta F_{\text{тр}}$.

Сейчас обратим внимание на следующее обстоятельство. В рассматриваемой задаче при равномерном изменении угла α брусок также вращается, следовательно, имеет центростремительное ускорение, направленное по длине наклонной плоскости вниз. При решении задачи мы не учли это обстоятельство, между тем, в зависимости от значения центростремительного ускорения, или, что то же самое, от угловой скорости вращения доски, может получиться иная картина зависимости силы трения от угла. Для того чтобы можно было пренебречь влиянием вращательного движения, необходимо выяснить, какие возможности измерения мы имеем при проведении соответствующего опыта, в частности, с какой точностью можем измерить угол, образованный между доской и горизонтом. Мы получили, что если не учитывать центростремительное ускорение, обусловленное вращением доски, то брусок начнёт скользить, когда доска составляет с горизонтом угол $\alpha_1 = arctg\mu_1$. Сейчас предположим, что доска равномерно вращается в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через конец доски, опирающийся на горизонтальную плоскость, с постоянной угловой скоростью ω. В этом случае брусок начнёт скользить по доске под углом α', который определяется из следующего выражения:

$$mg\sin\alpha' = \mu_1 mg\cos\alpha' + m\omega^2 L, \qquad (2)$$

где L — расстояние от бруска до оси вращения.

Разница между углами α_1 и α' зависит от ω. Сейчас наша задача состоит в том, чтобы выяснить, при каких значениях угловой скорости ω можно не учитывать эту разницу.

Мы имеем

$$mg\sin\alpha = \mu_1 mg\cos\alpha. \qquad (3)$$

Из выражений (2) и (3) получим

$$mg\left(\sin\alpha' - \sin\alpha_1\right) = \mu_1 mg\left(\cos\alpha' - \cos\alpha_1\right) + m\omega^2 L. \qquad (4)$$

Обозначим $\Delta\alpha = \alpha' - \alpha_1$. Поскольку в опыте мы можем измерить угол с точностью 1,7' (или длину дуги 0,5 мм), следовательно, мы должны найти значения угловой скорости ω, при которых $\Delta\alpha \ll 1{,}7'$. При этом можно считать $\sin\Delta\alpha = \Delta\alpha$, $\cos\Delta\alpha = 1$.

Преобразовав выражение (4), получим

$$\alpha' = \alpha_1 + \frac{\omega^2 L}{g}\cos\alpha_1 \text{ или}$$

$$\Delta\alpha = \alpha' - \alpha_1 = \frac{\omega^2 L}{g\sqrt{1+\mu_1^2}},$$

откуда $\omega^2 = \dfrac{\Delta\alpha g\sqrt{1+\mu_1^2}}{L}$.

Принимая L = 1 м, g = 9,8 м/с^2 и Δα = 1,7' = 0,000494 рад, для угловой скорости получим $\omega = 0{,}0696\left(1+\mu_1^2\right)^{1/4}$.

Так как μ_1 принимает значение $0 < \mu_1 \le 1$, то ω примет значение 0,0697 рад/с < ω < 0,0829 рад/с а υ из соотношения $\upsilon = \omega L$: 7 см/с < $\upsilon \le$ 8,4 см/с.

Это значит, что при значениях ω, превышающих 0,0829 рад/с, или для линейной скорости 8,4 см/с при L = 1 м необходимо учитывать влияние вращательного движения доски на величину силы трения.

В табл. 2 представлены максимальные значения угловых скоростей ω для разных материалов, при которых можно не учитывать вращение доски в рассмотренной задаче.

Итак, в рассмотренной нами задаче необходимо, с одной стороны, учитывать разницу между коэффициентами силы трения покоя и скольжения, а с другой — ограничить значение угловой скорости вращения доски (ω < 0,0829 рад/с). При обучении физике в школе и вузе очень полезным оказывается рассматривать физические явления и процессы с уточнением при этом границ применимости используемых моделей. А более привлекательным оказывается согласование теоретических расчётов с измеренными в моделирующем эксперименте значениями.

Таблица 2

Материалы	μ_1	Ω, рад/с
1. Медь — медь	0,74	0,0799
2. Алюминий — медь	0,61	0,0784
3. Резина — бетон	1,0	0,0829
4. Дерево —дерево	0,25–0,5	0,0736–0,0770
5. Стекло — стекло	0,94	0,0821
6. Металл — металл	0,15	0,0721
7. Лед — лед	0,1	0,0713
8. Тефлон — тефлон	0,04	0,0703

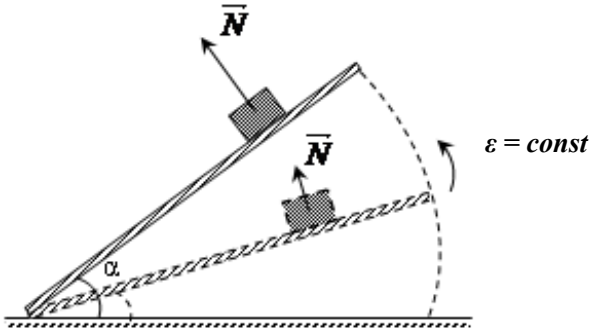

Рис. 4. Движение доски с постоянным угловым ускорением *(ε = const)*

В рассмотренной нами задаче можно учитывать и другие характеристики движения, например, увеличение силы реакции доски на тело, а следовательно, и максимального значения силы трения покоя при движении доски с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = const$ по сравнению с движением доски с постоянной угловой скоростью (рис. 4).

Тогда можно определить минимальное значение линейного ускорения доски, при котором тело не будет скользить по доске, когда она находится в вертикальном положении, и т. д. Подобные подходы при решении задач из разных разделов курса физики, как показывает опыт, позволяют стимулировать поисковую деятельность учащихся, побуждают их к исследовательской работе. С другой стороны, такой подход усиливает эмоциональную сторону учебного процесса и стимулирует познавательный интерес учащихся. В этом смысле экспериментальные физические задачи обладают потенциалом в разрешении ряда проблем обучения физике и в развитии учащихся. Этот потенциал требует дальнейших исследований. Здесь отметим только следующее: преодолевать пассивную позицию учащихся необходимо и возможно, с одной стороны, путём подбора (составления вместе с учащимися) интересных экспериментальных физических задач, с другой стороны, — путём соответствующей организации процесса обучения их решению, в которой от деятельности каждого конкретного ученика будет зависеть успех поисковой деятельности как самого конкретного ученика и отдельных его одноклассников, так и класса в целом.

Для анализа физических явлений мы всегда пользуемся моделями, упрощая и идеализируя реальную ситуацию. Ясно, что в каждом конкретном случае нужно отразить в модели все важные для данной задачи детали и отбросить все лишнее. Поэтому при выборе модели следует оценить, хотя бы приблизительно, действие факторов, которые мы хотим

отбросить, и посмотреть, как скажутся сделанные нами допущения и упрощения на точности получаемого решения задачи.

В школьном курсе физики при рассмотрении движения тела, брошенного под углом к горизонту, пренебрегают только силой трения воздуха, а о воздействии Солнца, Земли и Луны вообще не упоминается.

Поучителен следующий пример: спортсмен толкает ядро с высоты h = 1,5 м под углом β = 40º к горизонту со скоростью υ = 12 м/с. Найти дальность полета ядра [3].

Выберем модель: плоская невращающаяся Земля, воздуха нет, нет также Солнца и Луны. Оценим воздействие отброшенных факторов.

Солнце: дает поправку к ускорению свободного падения $\Delta g_1 = \omega_1^2 R_1$, где $\omega_1 = 2\pi/1$ год, R_1 = 150 млн км; $\Delta g_1 \le 10^{-2}$ м/с$^{-2}$ $\approx 10^{-3} g$. *Луна* дает примерно то же (вспомним о приливах).

Сопротивление воздуха: сила лобового сопротивления $F = as\upsilon^2$. Величину α приблизительно можно оценить, зная скорость выпадения града $\upsilon_г \approx 20$ м/с при $r_г \approx 0{,}5$см:

$$a\pi r_г^2 \upsilon_г^2 = m_г g = \rho_г \frac{4}{3}\pi r^3 g \Rightarrow a = \frac{4\rho_г r_г g}{3\upsilon_1^2}.$$

Для ядра скорость $\upsilon_я$, при которой сила лобового сопротивления воздуха равна силе тяжести, определяется условием $\upsilon_я = \upsilon_г \sqrt{\frac{\rho_я r_я}{\rho_г r_г}} = 200$ м/с. Значит, для данной в условии скорости $F_{сопр} = mg\left(\frac{12}{200}\right)^2 \approx 3\cdot 10^{-3}\ mg$. (Отметим, что при таких скоростях сила вязкого трения больше, чем лобового, однако она также невелика).

Архимедова сила $F_A = \frac{\rho_B}{\rho_Я} mg \le 10^{-3} mg$

Поправка к ускорению свободного падения из-за вращения Земли $\Delta g_2 = \omega_2^2 R_2$, где $\omega_2 = 2\pi/1$ сутки, $R_2 = 6{,}3\cdot 10^6 \cos\varphi$ (φ — широта местности). На экваторе $\Delta g_2 \le 3\cdot 10^{-3} g$.

Цифры в задаче заданы “круглые”: из простых практических соображений ясно, что требуемая точность уж никак не превышает 3–5%. Значит, все перечисленные поправки не существенны, и модель наша вполне разумна.

Реализацию иерархического подхода в математическом моделировании при изучении физических явлений можно демонстрировать на примере колебательных процессов. Модель гармонического осциллятора может быть обобщена в разных направлениях: учет нелинейных свойств пружины, учет силы сопротивления движению, учет внешнего периодического и непериодического воздействия на колебательную систему и т. д., тем самым создается иерархия физических и математических моделей колебательного движения.

Особое внимание необходимо уделить иерархическому подходу при решении задач. При грамотном подборе физических задач, в процессе решения которых требуется построение иерархии моделей, у учащихся постепенно формируется правильный методологический подход к изучению физических процессов: начинать рассмотрение с самых простых, наиболее близких к идеальным процессов, переходя затем к реальным. При этом очень важно, чтобы каждый ученик, овладевая новой методологией исследования, самостоятельно и осознанно выполнял все этапы технологической цепочки решения задачи: постановка проблемы, построение модели, разработка алгоритма решения, проведение расчетов (если необходимо, — на ЭВМ), анализ полученных результатов, уточнение модели.

В развитии учащихся в процессе обучения решению экспериментальных физических задач прототипом и необходимым этапом становления умений учебно-исследовательской деятельности является развитие научного мышления обучаемых, отражающее наиболее характерные элементы научного мышления физиков-исследователей [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойкова А. Е.* Развивающий потенциал обучения решению экспериментальных задач по физике в формировании научного мышления учащихся // Физика в школе и вузе: Междунар. сб. научн. статей. СПб., 2009. Выпуск 10. С. 157–171.

2. *Вейль Г.* Математическое мышление. М., 1989.

3. *Зильберман А.* Модели, которые мы выбираем. М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы; Квант, 1981.

4. *Кондратьев А. С., Прияткин Н. А.* Современные технологии обучения физике: учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. 342 с.

5. *Кондратьев А. С., Филиппов М. Э.* Физические задачи и математическое моделирование реальных процессов: Уебно-методическое пособие для учителя. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2001. 11 с.

6. *Serway R., Vuille S.* College Physics, Ninth Edition 2012. V. 100.

REFERENCES

1. *Bojkova A. E.* Razvivajushchij potentsial obuchenija reshenijujeksperimental'nyh zadach po fizike v formirovanii nauchnogo myshlenija uchawihsja // Fizika v shkole i vuze: Mezhdunar. sb. nauch. statej. SPb., 2009. Vypusk 10. S. 157–171.

2. *Vejl' G.* Matematicheskoe myshlenie. M., 1989.

3. *Zil'berman A.* Modeli, kotorye my vybiraem. M.: Nauka; Glavnaja redaktsija fiziko-matematicheskoj literatury; Kvant, 1981.

4. *Kondrat'ev A. S., Prijatkin N. A.* Sovremennye tehnologii obuchenija fizike: Uchebnoe posobie. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2006. 342 s.

5. *Kondrat'ev A. S., Filippov M. E.* Fizicheskie zadachi i matematicheskoe modelirovanie real'nyh processov: Uchebno-metodicheskoe posobie dlja uchitelja. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2001. 11 s.

6. *Serway R., Vuille S.* College Physics, Ninth Edition 2012. V. 100.

Н. А. Фофонова

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ СОЦИАЛИЗАЦИИ ПОДРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

Ценность общественного объединения в процессе социализации и стимулирования социально-творческой активности подростков состоит в раскрытии комплексного характера его педагогического воздействия, который проявляется в одновременном влиянии на развитие всех сфер личности и представляет собой органичное единство процессов воспитания и самовоспитания.

Ключевые слова: социализация подростков, общественные объединения, социально-творческая активность.

N. Fofonova

Theoretical and Methodological Approaches to the Problem of Socialization of Teenagers in the Conditions of Public Association

The value of public associations in the process of socialization and stimulation of social and creative activities of teenagers is in revealing the complex nature of its pedagogical influence, which manifests itself in a simultaneous effect on the development of all areas of personality and is an organic unity of the processes of education and self-education.