

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА

УДК 378.02:37.016:531.12/.13

DOI 10.23951/2307-6127-2020-2-121-129

О ФОРМИРОВАНИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ В МОДУЛЕ «КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

О. Д. Азоркина, Е. Н. Кириллова

Томский государственный педагогический университет, Томск

В работе изучаются некоторые аспекты формирования универсальных компетенций в курсе «Теоретическая физика» (модуль «Классическая механика») для бакалавриата педагогических вузов. В качестве примера выбран фрагмент курса, связанный с нахождением закона движения тела. При решении задач активно используются знания из математических курсов. Актуальность темы заключается в том, что курс теоретической физики объединяет дисциплины естественно-научного и математического циклов, поэтому важно суметь в полной мере использовать накопленные знания для подъема на новый, интегральный уровень освоения учебной информации. Новизна подхода состоит в том, что он дает возможность одновременно формировать научное, исследовательское мышление обучающихся; навыки методики преподавания будущими педагогами физико-математических дисциплин; развивать творческий потенциал обучающихся. Показано, как при решении выбранных задач у студентов формируется набор группы УК-1.

Ключевые слова: *физико-математические науки, теоретическая физика, классическая механика, закон движения тела, дифференциальные уравнения, преподавание классической механики, универсальные компетенции.*

Современная концепция образования связана с его значением в самоидентификации и развитии человеческой личности. Парадигма «образование на всю жизнь» сменилась концепцией непрерывного образования. Стремительно меняющиеся условия жизни вынуждают человека постоянно учиться, что приводит к включению образования в компоненты его образа жизни. Следовательно, учебные достижения учащихся – не только фундамент последующего образования, но и основа общекультурной и профессиональной компетентности личности, элемент формирования опыта принятия решений. В связи с этим в современном образовании особое внимание уделяется получению метапредметных знаний, способствующих формированию навыков решения проблем, возникающих как в учебном процессе, так и за его рамками.

Одни из множества инструментов, способствующих развитию таких навыков, – это сформированные компетенции группы УК-1 (способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач).

Формирование универсальных и профессиональных компетенций студентов в учреждениях среднего профессионального образования рассматривается, к примеру, в работах [1, 2].

С одной стороны, при изучении дисциплин физико-математического цикла в педагогическом вузе зачастую не получается должным образом сформировать у студентов бакалавриата компетенцию УК-1, основываясь только на теоретических знаниях лекционного курса. Именно практические занятия являются необходимым звеном, позволяющим применить основы теории при решении заданий в процессе обучения и реализовать необходимые компетенции.

В рамках федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) 3+ и 3++ программа бакалавриата для обучающихся по двум специальностям – физика и математика [3, 4] – включает курс дифференциальных уравнений 1-го и 2-го порядка. На практических занятиях студенты изучают на базе лекционного материала основные методы решения, разбирают большое количество однотипных уравнений для закрепления практических навыков [5, 6]. При этом за кадром остается прикладной аспект дифференциальных уравнений 1-го, 2-го и высших порядков.

С другой стороны, при изучении основ теоретической физики и решении задач внимание акцентируется на постановке физической задачи и получении итогового результата. При этом методы изучения того или иного физического явления выступают в качестве второстепенных инструментов.

Тем не менее использование и дальнейшее формирование межпредметных связей на самом деле позволяют эффективно решать прикладные задачи теоретической физики, применяя при этом техники и аппарат дисциплин математического курса. Данный подход одновременно формирует научное мышление обучающихся; освоение методики преподавания физико-математических дисциплин (что немаловажно для преподавателей школы и вуза); пробуждает творческий потенциал обучающихся при выборе того или иного алгоритма решения или наиболее эффективного и элегантного метода.

Упомянутые выше задачи возможно реализовать на практических занятиях по курсу теоретической физики, которые позволяют систематизировать теоретические знания, углубить их и из разнообразия частных случаев выявить основные алгоритмы решения любой поставленной проблемы.

Мы уже изучали вопросы формирования профессиональных компетенций у обучающихся в рамках темы классической механики: «Функция Лагранжа. Уравнения Эйлера – Лагранжа» [7]. В настоящей работе рассматривается классическая механика в формулировке Ньютона: требуется найти закон движения тела при различной зависимости от времени результирующей силы.

Проиллюстрируем, каким образом в курсе теоретической физики (модуль «Классическая механика») используются знания из курса дифференциальных уравнений, помогая формированию у студентов УК-1.

Главная задача механики – определение закона движения материальной точки [8–10]. Для решения задач классической механики в формализме Ньютона используются дифференциальные уравнения 1-го порядка.

Оптимально, чтобы все выкладки студенты производили самостоятельно, на базе математических знаний, преподаватель только подсказывает, каким образом это сделать. Типовые решения разбираются достаточно подробно, хотя некоторые студенты способны сразу же применить дифференциальные уравнения в данных задачах. Теоретические основы занятия таковы:

– 2-й закон Ньютона имеет форму $\vec{F} = m\vec{a}$, где \vec{F} – результирующий вектор сил, действующих на исследуемое тело; \vec{a} – вектор ускорения; m – масса тела;

– положение точки определяется радиус-вектором $\vec{r} = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$, где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – орты декартового базиса; $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$ – компоненты радиус-вектора в декартовой системе координат;

– уравнения движения тела в векторной форме вытекают из уравнения $m\ddot{\vec{r}} = \vec{F}$.

Рассмотрим четыре типа задач, различающихся характером временной зависимости результирующей силы.

1. *Результирующая сила постоянна по модулю и направлению.* Требуется найти закон движения тела массой m , которое перемещается в пространстве под действием постоянной по направлению и величине силы \vec{F} . Начальные условия (Н.У.): в начальный момент времени тело имело координату $x_0 = 0$, начальную скорость $v_0 = 5$ (м/с).

Решение. Из условия задачи вытекает, что движение одномерно и направлено вдоль оси Ox , значит $F_x = F, F_y = F_z = 0$. Составляем дифференциальное уравнение 1-го порядка на осно-

ве 2-го закона Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$. Получаем уравнение $m \frac{dv_x}{dt} = F_x \Rightarrow m \frac{dv}{dt} = F \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}$.

Разделяя переменные, $dv = \frac{F}{m} dt$, интегрируем: $\int dv = \frac{F}{m} \int dt \Rightarrow v = \frac{F}{m} t + C$ (при учете $F = const$).

Начальные условия позволяют найти постоянную интегрирования:

$$v_0 = v(0) = F / m \cdot 0 + C = 5 \Rightarrow C = 5.$$

Тогда скорость движения тела $v = F / mt + 5$. Для нахождения законов движения необходимо решить еще одно дифференциальное уравнение 1-го порядка. Учитывая, что

$v = dx/dt$, получаем

$$dx / dt = F / m \cdot t + 5 \Rightarrow dx = (F / m \cdot t + 5) dt \Rightarrow x = F / 2m \cdot t^2 + 5t + C_1.$$

Н.У. дают вторую постоянную интегрирования: $x(0) = x_0 = F / 2m \cdot 0^2 + 5 \cdot 0 + C_1 = 0$.

В итоге получаем закон движения тела в виде $x(t) = F / 2m \cdot t^2 + 5t$.

2. *Результирующая сила линейно зависит от времени.* Тело весом \vec{P} начинает двигаться из состояния покоя вдоль гладкой горизонтальной плоскости под действием силы \vec{F} , модуль которой растет пропорционально времени по закону $F = kt$. Найти закон движения тела.

Решение. Поместим тело в начальный момент времени в точку начала отсчета и направим ось Ox в сторону движения, тогда Н.У. при $t = 0$ есть $x = 0$ и $v_x = 0$. Составим дифференциальное уравнение $m\ddot{r} = \bar{F}$. Для данного случая $mdv_x / dt = kt$, после интегрирования получаем $v_x = kt^2 / 2m + C$. Из Н.У. имеем: $v(0) = k \cdot 0 / 2m + C = 0 \Rightarrow C = 0$. Выражение для скорости принимает вид $v_x = kt^2 / 2m$. Так как $v = dx / dt$, получаем $dx / dt = kt^2 / 2m$, разделяем переменные, интегрируем и находим закон движения: $x = kt^3 / 6m + C_1$.

Начальные условия дают $x(0) = k \cdot 0 / 6m + C_1 = 0 \Rightarrow C_1 = 0$, и закон движения тела примет вид $x = kt^3 / 6m$. Учитывая, что $P = mg$, массу тела можно представить как $m = P / g$ и окончательно записать $x = kg / 6P \cdot t^3$. Таким образом, путь, проходимый телом, растет пропорционально t^3 .

3. *Результирующая сила пропорциональна квадрату скорости.* Частица массой m движется по прямой в среде с сопротивлением, пропорциональным квадрату скорости. Найти закон движения частицы при начальных условиях $x(0) = x_0, v(0) = v_0$. Движение частицы считать одномерным.

Решение. По условию задачи движение является замедленным, так как имеется некоторая вязкая среда, оказывающая сопротивление движению, вызывая потерю скорости. Это означает, что на частицу действует сила сопротивления $F = -kv^2$, здесь k – коэффициент вязкости среды, а знак «минус» характеризует замедляющий эффект действия силы. В силу того, что движение одномерно, для удобства выберем направление движения вдоль оси Ox .

В этом случае вектор силы будет иметь только одну координату: $F_x = -kv_x^2$.

Для решения используем 2-й закон Ньютона: $\vec{F} = m\dot{\vec{v}}$ (где вектор ускорения выражается вектор скорости $\vec{a} = \dot{\vec{v}}$). В силу одномерности движения уравнение перепишем таким образом: $F_x = m\dot{v}_x$. При дальнейшем решении индекс « x » можно опустить, других индексов нет. Согласно 2-му закону Ньютона, $m\dot{v} = -kv^2$. Учитывая, что $\dot{v} = dv / dt$, получаем дифференциальное уравнение 1-й степени с разделяющимися переменными: $dv / dt = -k / m \cdot v^2$, k и m постоянные величины.

Разделяем переменные: $\int v^{-2} dv = -k/m \int dt \Rightarrow -1/v = -k/m \cdot t + C$. Таким образом, скорость частицы есть $v = m / (kt + mC_1)$, где $C_1 = -C$. Используем Н.У. для определения константы C_1 : $v(0) = m / (k \cdot 0 + mC_1) = v_0$, откуда $C_1 = 1/v_0$.

Подставляя значение константы C_1 в выражение для скорости, получим $v = v_0 / (1 + kt/m \cdot v_0)$. Но поскольку $v = \dot{x} = dx/dt$, то $dx/dt = v_0 / (1 + kt/m \cdot v_0)$.

Разделяем переменные и получаем простые интегралы: $\int dx = v_0 \int \frac{dt}{1 + kv_0/m \cdot t}$.

Из последнего выражения легко находим: $x = m/k \cdot \ln|1 + kv_0/m \cdot t| + C_2$. Константу интегрирования C_2 находим из Н.У. $x(0) = x_0$: $x(0) = m/k \cdot \ln|1 + kv_0/m \cdot 0| + C_2 = x_0$, откуда $m/k \cdot \ln|1| + C_2 = x_0 \Rightarrow C_2 = x_0$. Таким образом, закон движения частицы примет вид $x = m/k \cdot \ln|1 + kv_0/m \cdot t| + x_0$, где x_0 и v_0 – положение и скорость частицы в начальный момент времени.

4. *Результирующая сила пропорциональна скорости.* Тело массой m брошено с поверхности Земли со скоростью v_0 под углом α к горизонту. На тело действует сила сопротивления воздуха, направленная против скорости, по модулю пропорциональная скорости тела. Найти закон движения тела.

Решение. Сила сопротивления воздуха определяется по формуле $\vec{F} = -k\vec{v}$.

Систему координат выбираем так, чтобы точка броска находилась в начале координат, а проекция скорости v_0 лежала в плоскости Oyz . Ось Oz направим вертикально вверх. При таком выборе системы координат начальные условия принимают вид $x_0 = y_0 = z_0 = 0$;

$$v_{0x} = 0, \quad v_{0y} = v_0 \cos \alpha, \quad v_{0z} = v_0 \sin \alpha.$$

Кроме силы сопротивления воздуха на тело действует сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$, где \vec{g} – ускорение свободного падения, направленное вдоль оси Oz вниз. Таким образом, уравнения движения в проекциях на оси координат можно записать как $m\dot{v}_x = -kv_x$; $m\dot{v}_y = -kv_y$; $m\dot{v}_z = -kv_z - mg$.

Интегрируем первое уравнение: $m\dot{v}_x = -kv_x \Rightarrow \dot{v}_x = -k/m \cdot v_x \Rightarrow$

$$dv_x/dt = -k/m \cdot v_x \Rightarrow dv_x/v_x = -k/m dt \Rightarrow \int v_x^{-1} dv_x = -k/m \int dt.$$

Сразу же получаем $\ln|v_x| = -k/m \cdot t + \ln C_1$, откуда

$$\ln|v_x/C_1| = -k/m \cdot t \Rightarrow v_x = C_1 e^{-k/m \cdot t}.$$

Второе уравнение аналогично первому, поэтому для компоненты скорости v_y сразу запишем: $v_y = C_2 e^{-kt/m}$. Для третьего уравнения после несложных преобразований получим $\dot{v}_z = -g(1 + k/mg \cdot v_z)$. Так как $\dot{v}_z = dv_z/dt$, запишем $dv_z/dt = -g(1 + k/mg \cdot v_z)$. Разделим переменные $dv_z/(1 + k/mg \cdot v_z) = -gdt$ и проинтегрируем $\ln|1 + k/mg \cdot v_z| = -kt/m + C_3$. Потенцируя, получим $1 + k/mg \cdot v_z = C_3 e^{-kt/m}$. Тогда $v_z = e^{-kt/m} C_3 mg/k - mg/k$. Введем обозначение $C_4 = C_3 mg/k$ и окончательно запишем для компоненты скорости v_z : $v_z = C_4 e^{-kt/m} - mg/k$. Теперь определим все константы интегрирования из Н.У.:

$$v_{0x}(0) = C_1 e^{-k \cdot 0/m} = 0 \Rightarrow C_1 e^0 = 0 \Rightarrow C_1 = 0;$$

$$v_{0y}(0) = C_2 e^{-k \cdot 0/m} = v_0 \cos \alpha \Rightarrow C_2 = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_{0z}(0) = C_4 e^{-k \cdot 0/m} - mg/k = v_0 \sin \alpha \Rightarrow C_4 = v_0 \sin \alpha + mg/k.$$

Подставляя найденные константы интегрирования в уравнения для компонент скорости частицы, получим: $v_x = 0$; $v_y = v_0 \cos \alpha \cdot e^{-kt/m}$; $v_z = (v_0 \sin \alpha + mg/k) e^{-kt/m} - mg/k$. Учтем, что скорость частицы есть производная от ее координаты по времени:

$$v_x = dx/dt = 0; v_y = dy/dt = v_0 \cos \alpha \cdot e^{-kt/m}; v_z = dz/dt = (v_0 \sin \alpha + mg/k) e^{-kt/m} - \frac{mg}{k}.$$

Из первого уравнения получаем, что координата x не меняется при движении частицы с течением времени: $dx/dt = 0, \Rightarrow dx = 0, \Rightarrow x = C_5$. Второе уравнение

$dy/dt = v_0 \cos \alpha \cdot e^{-kt/m}$ – дифференциальное уравнение 1-го порядка с разделяющимися

переменными. Интегрируя, получаем для y : $y = -v_0 m/k \cdot \cos \alpha \cdot e^{-kt/m} + C_6$. Наконец,

преобразуем третье уравнение системы: $dz = ((v_0 \sin \alpha + mg/k) e^{-kt/m} - mg/k) dt$,

$$z = (v_0 \sin \alpha + mg/k) \int e^{-kt/m} dt - mg/k \int dt.$$

Интегрируя правую часть, получаем для координаты z :

$$z = -m/k (v_0 \sin \alpha + mg/k) e^{-kt/m} - mg/kt + C_7.$$

Используя Н.У., находим константы интегрирования:

$$x(0) = C_5 = 0 \Rightarrow C_5 = 0; y(0) = -v_0 m/k \cdot \cos \alpha + C_6 = 0 \Rightarrow C_6 = v_0 m/k \cdot \cos \alpha;$$

$$z = -m/k (v_0 \sin \alpha + mg/k) + C_7 = 0 \Rightarrow C_7 = m/k (v_0 \sin \alpha + mg/k).$$

Таким образом, закон движения тела можно записать следующим образом:

$$x = 0; y = mv_0 / k \cdot \cos \alpha (1 - e^{-kt/m}); z = m / k (v_0 \sin \alpha + mg / k) (1 - e^{-kt/m}) - mg / k \cdot t.$$

Отметим, что при решении приведенных задач у обучающихся формируется набор компетенций группы УК-1. Действительно, из словесного условия задачи студенту необходимо:

– выделить опорные моменты, такие как характер движения, например увидеть, что движение одномерное (формируется компетенция ИУК-1.1) и при возможности сделать схематический чертеж;

– проанализировать постановку задачи и написать соответствующее дифференциальное уравнение (ИУК-1.3);

– найти общее решение дифференциального уравнения, применяя наиболее подходящий способ (ИУК-1.2), и далее, используя начальные условия, найти частное решение, определив искомую физическую величину. Возможны со стороны студентов предложение и реализация более интересных решений, отличных от указанных выше, но дающих верный ответ (ИУК-1.4). К примеру, дифференциальные уравнения в приведенных выше задачах могут быть решены иным способом: как дифференциальные уравнения второго порядка (однородные или неоднородные) с заданными начальными условиями.

Иными словами, в процессе решения обучающийся:

1) анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие (ИУК-1.1);

2) осуществляет поиск информации для решения задачи по различным типам запросов (ИУК-1.2);

3) определяет, анализирует и синтезирует информацию, необходимую для решения задачи (ИУК-1.3);

4) при обработке информации применяет системный подход для решения поставленной задачи, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свою позицию (ИУК-1.4).

Таким образом, на занятиях по теоретической физике в модуле «Классическая механика» при исследовании характера движения тела, сводящегося к решению дифференциальных уравнений, у обучающихся формируются компетенции группы УК-1.

Список литературы

1. Халзанова Е. Г., Маланов И. А. Пропедевтика формирования профессиональных компетенций студентов в процессе обучения математике // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2019. Вып. 4 (26). С. 117–125. DOI: 10.23951/2307-6127-2019-4-117-125
2. Халзанова Е. Г., Маланов И. А. Формирование универсальных компетенций в процессе интеграции дисциплин «Математика» и «Информатика» // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2019. Вып. 6 (28). С. 143–150. DOI: 10.23951/2307-6127-2019-6-143-150
3. Образовательная программа высшего образования. Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Направленности (профили) Математика и Информатика, Математика и Физика. Томск: Изд-во ТГПУ, 2018. 15 с. URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemInf/OP_3.5.pdf (дата обращения: 02.12.2019).
4. Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) (уровень бакалавриата). Направленность (профили): «Математика» и «Физика». Томск: Изд-во ТГПУ, 2019. 22 с. URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/OP_3.75.pdf (дата обращения: 02.12.2019).
5. Рабочий учебный план по программе бакалавриата. Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Направленности (профили) «Математика и Физика». Томск: Изд-во ТГПУ, 2018. 25 с. URL: https://www.tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/481/UP/UP.pdf (дата обращения: 02.12.2019).

6. Рабочий учебный план по программе бакалавриата. Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Направленности (профили) «Математика и Физика». Томск: Изд-во ТГПУ, 2019. 30 с. URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/2019o/UP/UP.pdf (дата обращения: 02.12.2019).
7. Азоркина О. Д., Кириллова Е. Н. О формировании профессиональных компетенций будущих учителей физики на примере занятия по курсу «Теоретическая физика» // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2019. Вып. 2 (24). С. 9–16. DOI: 10.23951/2307-6127-2019-2-9-16
8. Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Теоретическая физика: учеб. пособие: в 10 т. Т. 1: Механика. М.: Физматлит, 2017. 224 с.
9. Бороненко Т. С., Бухбиндер И. Л., Кругликов В. В. Задачи по классической механике: учеб.-метод. пособие. Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. 160 с.
10. Кудрявцева Н. В. Практикум по классической механике: учеб.-метод. пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 1986. 106 с.

Азоркина Олеся Демидовна, кандидат физико-математических наук, доцент, Томский государственный педагогический университет (ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061).

E-mail: azorkina@tspu.edu.ru

Кириллова Елена Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Томский государственный педагогический университет (ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061).

E-mail: elena@tspu.edu.ru

Материал поступил в редакцию 31.12.2019.

DOI 10.23951/2307-6127-2020-2-121-129

ON THE FORMATION OF UNIVERSAL COMPETENCIES IN SOLVING PROBLEMS OF THEORETICAL PHYSICS IN THE MODULE “CLASSICAL MECHANICS”

O. D. Azorkina, E. N. Kirillova

Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russian Federation

The paper studies some aspects of the formation of universal competencies (UC) in the course of theoretical physics for students of pedagogical universities. As an example, a fragment of the course of classical mechanics is selected, associated with finding the law of motion of the body in Newton’s formulation. Four types of tasks are considered, which differ mainly in the nature of the time dependence of the resulting force. When solving the problems of the module “Classical Mechanics” of a course in theoretical physics, knowledge from mathematical courses (Mathematical Analysis, Differential Equations) is actively used, which stimulates the students’ analytical and creative intellectual activity. The relevance of the topic is that the course of theoretical physics combines the disciplines of the natural science and mathematical cycles, and it is important to be able to fully use the knowledge accumulated by students to reach a new, integral level of understanding of educational information. The novelty of this approach is that it makes it possible to simultaneously form the scientific, research thinking of students; mastering the teaching methods of physical and mathematical disciplines (which is important for future teachers); to develop the creative potential of students when choosing a particular decision algorithm. The article shows how, when solving selected problems, students form a set of competencies of the UC-1 group.

Keywords: *physical and mathematical sciences, theoretical physics, classical mechanics, the law of body motion, differential equations, teaching of classical mechanics, teacher training, universal competencies.*

References

1. Khalzanova Ye. G., Malanov I. A. Propedeutika formirovaniya professional'nykh kompetentsiy studentov v protsesse obucheniya matematike [Propaedeutics of the formation of professional competencies of students in the process of teaching mathematics]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye – Pedagogical Review*, 2019, vol. 4 (26), pp. 117–125 (in Russian). DOI: 10.23951/2307-6127-2019-4-117-125.
2. Khalzanova Ye. G., Malanov I. A. Formirovaniye universal'nykh kompetentsiy v protsesse integratsii distsiplin "Matematika" i "Informatika" [The formation of universal competencies in the process of integration of the disciplines "Mathematics" and "Computer Science"]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye – Pedagogical Review*, 2019, vol. 6 (28), pp. 143–150 (in Russian). DOI: 10.23951/2307-6127-2019-6-143-150.
3. *Obrazovatel'naya programma vysshego obrazovaniya. Napravleniye podgotovki: 44.03.05 Pedagogicheskoye obrazovaniye (s dvumya profilyami podgotovki). Napravlennosti (profili) "Matematika i Informatika", "Matematika i Fizika"* [Educational program of higher education. Direction of training: 44.03.05 Pedagogical education (with two training profiles). Orientation (profiles) "Mathematics and Informatics", "Mathematics and Physics"]. Tomsk, TSPU Publ., 2018. 15 p. (in Russian). URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemInf/OP_3.5.pdf (accessed 2 December 2019).
4. *Osnovnaya obrazovatel'naya programma vysshego obrazovaniya po napravleniyu podgotovki 44.03.05 "Pedagogicheskoye obrazovaniye" (s dvumya profilyami podgotovki) (uroven' bakalavriata). Napravlennosti (profili): "Matematika i Fizika"* [The main educational program of higher education in the field of training 44.03.05 "Pedagogical education" (with two training profiles) (undergraduate level). Orientation (profiles) "Mathematics and Physics"]. Tomsk, TSPU Publ., 2019. 22 p. (in Russian). URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/OP_3.75.pdf (accessed 2 December 2019).
5. *Rabochiy uchebnyy plan po programme bakalavriata. Napravleniye podgotovki: 44.03.05 Pedagogicheskoye obrazovaniye (s dvumya profilyami podgotovki). Napravlennosti (profili) "Matematika i Fizika"* [The working curriculum for the undergraduate program. Direction of training: 44.03.05 Pedagogical education (with two training profiles). Orientation (profiles) "Mathematics and Physics"]. Tomsk, TSPU Publ., 2018. 25 p. (in Russian). URL: https://www.tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/481/UP/UP.pdf (accessed 2 December 2019).
6. *Rabochiy uchebnyy plan po programme bakalavriata. Napravleniye podgotovki: 44.03.05 Pedagogicheskoye obrazovaniye (s dvumya profilyami podgotovki). Napravlennosti (profili) "Matematika i Fizika"* [The working curriculum for the undergraduate program. Direction of training: 44.03.05 Pedagogical education (with two training profiles). Orientation (profiles) "Mathematics and Physics"]. Tomsk, TSPU Publ., 2019. 30 p. (in Russian). URL: https://tspu.edu.ru/files/sveden2/opop/2018-2019/FMF440305_PO2prof_MatemFiz/2019o/UP/UP.pdf (accessed 2 December 2019).
7. Azorkina O. D., Kirillova E. N. O formirovani professional'nykh kompetentsiy budushchikh uchiteley fiziki na primere zanyatiya po kursu "Teoreticheskaya fizika" [On the formation of professional competencies of future physics teachers on the example of a lesson in the course "Theoretical Physics"]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye – Pedagogical Review*, 2019, vol. 2 (24), pp. 9–16 (in Russian). DOI: 10.23951/2307-6127-2019-2-9-16.
8. Landau L. D., Livshits E. M. *Teoreticheskaya fizika: Ucheb. posobiye v 10 t. T. 1. Mekhanika* [Theoretical physics: textbook. Manual in 10 volumes. Vol. 1. Mechanics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2017. 224 p. (in Russian).
9. Boronenko T. S., Buchbinder I. L., Kruglikov V. V. *Zadachi po klassicheskoy mekhanike: uchebno-metodicheskoe posobiye* [Problems in classical mechanics: teaching guide]. Tomsk, TSPU Publ., 2003. 160 p. (in Russian).
10. Kudryavtseva N. V. *Praktikum po klassicheskoy mekhanike: uchebno-metodicheskoe posobiye* [Practical work on classical mechanics: teaching guide]. Tomsk, TSU Publ., 1986. 106 p. (in Russian).

Azorkina O. D., Tomsk State Pedagogical University (ul. Kiyevskaya, 60, Tomsk, Russian Federation, 634061). E-mail: azorkina@tspu.edu.ru

Kirillova E. N., Tomsk State Pedagogical University (ul. Kiyevskaya, 60, Tomsk, Russian Federation, 634061). E-mail: elena@tspu.edu.ru