

ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Научная статья

УДК 378.147.88

DOI: 10.15293/1812-9463.2203.08

Системно-деятельностный подход при изучении физики в технологическом вузе на примере раздела «Магнетизм»

Зубова Наталья Валерьевна

*Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (ПКУ), г. Москва, Россия,*

Аннотация. Современные тенденции развития российского общества определяют новые задачи для системы образования, одной из которых является активное вовлечение обучающихся в практическую деятельность изучаемой дисциплины. Мы предлагаем внедрение системно-деятельностного подхода при обучении физике в технологическом вузе. К достоинствам подхода можно отнести его системность и продуктивность, более индивидуальный и гибкий, по сравнению с традиционным обучением, характер. Важнейшим компонентом системно-деятельностного подхода при обучении физике является правильно выстроенная последовательность образовательной деятельности, организующая освоение изучаемого материала, приобретение умений выполнять расчетные задания, реализовывать экспериментальную деятельность и получать продукты исследования. Рассматривается реализация системно-деятельностного подхода на примере изучения раздела «Магнетизм». Определяется специфика использования системно-деятельностного подхода в процессе обучения студентов технологического вуза. В ходе исследования применялись методы изучения и анализа психолого-педагогической и методической литературы, обобщения педагогического опыта по использованию системно-деятельностного подхода в процессе обучения физике. В статье представлена содержательная модель системно-деятельностного подхода в обучении физике и описаны возможности ее использования как эффективного подхода в процессе обучения студентов технологического вуза. Пример использования системно-деятельностного подхода в обучении физике из раздела «Магнетизм» представлен в виде алгоритма работы обучающихся по получению продукта исследования. Аргументирована эффективность использования подхода в образовательной деятельности методом статистической проверки Т-критерия Стьюдента. Делается вывод о том, системно-деятельностный подход позволяет совместить познавательные, развивающие и мотивационные функции в обучении студентов технологического вуза.

Ключевые слова: обучение физике, системно-деятельностный подход, высшее образование, студенты технологического вуза, магнетизм, магнитное поле, индукция, напряженность.

Для цитирования: Зубова Н. В. Системно-деятельностный подход при изучении физики в технологическом вузе на примере раздела «Магнетизм» // Вестник педагогических инноваций. 2022. № 3 (67). С. 78–89. DOI: <https://doi.org/10.15293/1812-9463.2203.08>



System-Activity Approach in Physics Course at Technological University on the Example of the Section “Magnetism”

Natalia Valeryevna Zubova

*Moscow State University of Technology and Management
named after K. G. Razumovsky (The First Cossack University),
Moscow, Russia*

Abstract. Modern trends in the development of Russian society define new tasks for the education system, one of which is the active involvement of students in the practical activities of the discipline being studied. We propose the introduction of a system-activity approach to teaching physics at technological university. The advantages of the approach presented include its consistency and productivity, more individual and flexible character in comparison with traditional training. The most important component of the system-activity approach of teaching physics is a properly structured sequence of educational activities that organizes the development of the studied material; the acquisition of skills to perform computational tasks; the implementation of experimental activities and receiving research products. The implementation of the system-activity approach is considered on the example of the section “Magnetism” of the physics course. The purpose of the study. Determination of the specifics of using a system-activity approach in the process of teaching students at a technological university. Methodology (materials and methods). In the course of the research, methods of studying and analyzing psychological, pedagogical and methodological literature, generalizing pedagogical experience of using a system-activity approach in the process of teaching physics were used. Results. The article presents a meaningful model of a system-activity approach in teaching physics and describes the possibilities of its usage as an effective approach in the process of teaching students at technological university. An example of the usage of a system-activity approach in teaching physics from the section “Magnetism” in the form of an algorithm for the work of students to obtain a research product is presented. The effective usage of the approach in educational activities by the method of statistical verification of the student T-criterion at technological university is reasoned. The conclusion is made that the system-activity approach allows to combine cognitive, developmental and motivational functions; to identify professional knowledge, skills and methods of activity, personal qualities, the system of professional values of students at technological university.

Keywords: teaching physics, system-activity approach, higher education, students of a technological university, magnetism, magnetic field, induction, tension.

For citation: Zubova N. V. System-Activity Approach in Physics Course at Technological University on the Example of the Section “Magnetism”. *Journal of Pedagogical Innovations*, 2022, no. 3 (67), pp. 78–89. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15293/1812-9463.2203.08>

Изучение физики в технологическом вузе как фундаментальной науки, отражающей общие закономерности природы, должно способствовать развитию научной деятельности обучающихся. Научная деятельность включает в себя цель, средство, сам процесс преобразования научного знания и его результат. Под системой знаний понимается совокупность знаний, образующих целостное описание некоторой проблемы с доступной и достаточной степенью точности [7].



Будущие технологи производства для освоения профессиональной деятельности должны обладать системой знаний, умений и способов практической деятельности по обработке, изготовлению продуктов своей деятельности.

Мы предлагаем использование системно-деятельностного подхода в изучении физики студентами технологического вуза. Системно-деятельностный

подход – это метод организации процесса обучения, в котором главное место отводится активной и разносторонней познавательной деятельности [1; 11; 12]. Этот метод способствует формированию и развитию способностей самостоятельно выполнять учебную деятельность. Представим модель структуры учебно-го процесса системно-деятельностного подхода в обучении физике (рис. 1).

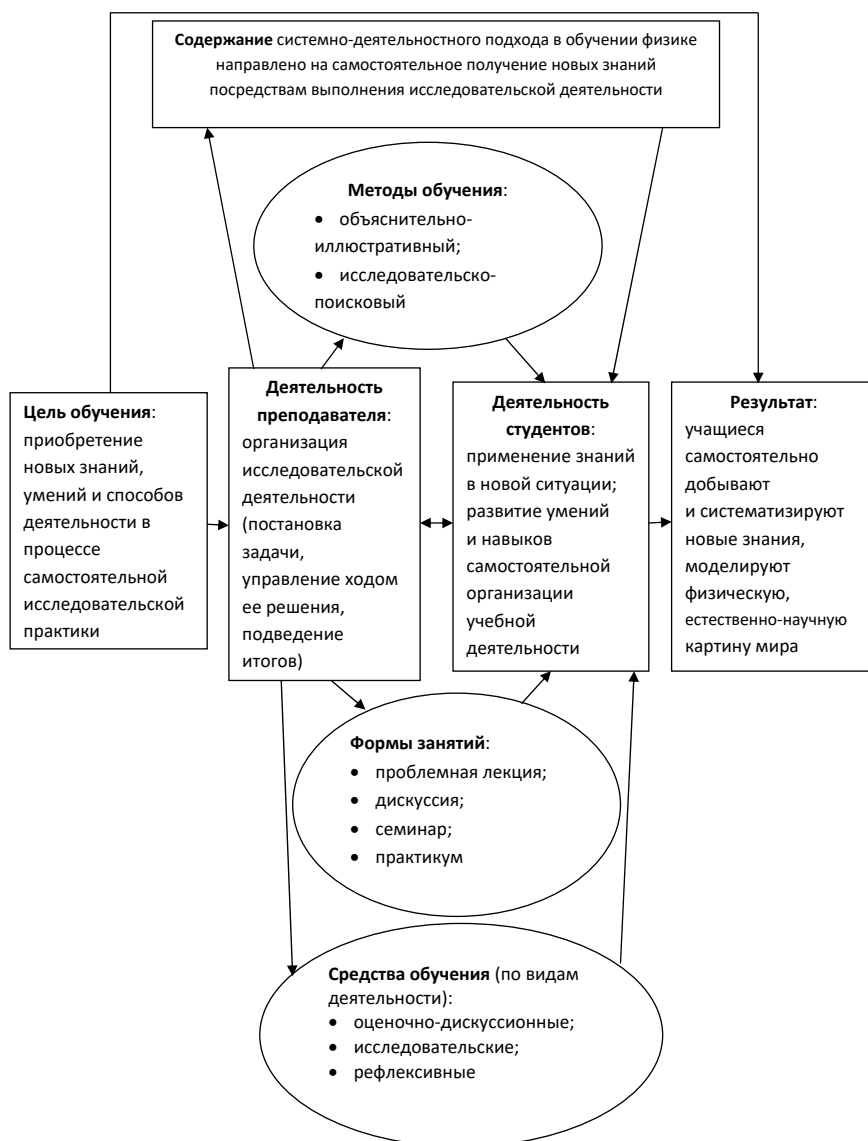


Рис. 1. Содержательная модель системно-деятельностного подхода в обучении физики



Организационно-педагогическое сопровождение деятельности педагогов при организации системно-деятельностного подхода в обучении студентов включает в себя следующие этапы.

1. Актуализация и первичное закрепление учебных действий с демонстрацией изучаемого раздела физики.

2. Постановка исследовательской задачи с описанием хода учебных действий для ее решения.

3. Организация самостоятельной исследовательской деятельности учащихся с самопроверкой эталона исследуемого объекта.

4. Рефлексия учебной деятельности студентов изученного раздела физики.

Одним из ключевых методов в преподавании лекционного материала курса физики может служить иллюстративно-наглядный метод обучения [3]. Г. И. Кругликов, говоря о наглядном методе, утверждал: «Совокупность действий педагога, состоящая в демонстрации учащимся предметов либо их моделей, а также в представлении им

определенных явлений или процессов с соответствующим объяснением их существенных признаков» [3].

При изучении раздела физики «Магнетизм» студенты испытывают затруднения в понимании характеристик магнитного поля. Для наглядной демонстрации действия магнитного поля на исследуемые предметы на лекции можно провести демонстрации, обнаруживающие магнитное поле по действию сил на проводник с током (рис. 2, схема А), момента сил, поворачивающего рамку с током во внешнем магнитном поле (рис. 3, схема А), притяжение и отталкивание проводников с токами, текущими в различных направлениях (рис. 4, схема А) [4]. Для иллюстрации эксперимента можно представить картинки с изображением сил, вызывающих движение проводников (рис. 2, схема В; рис. 3, схема В; рис. 4, схемы В и С) [5]. Применение иллюстративно-наглядного метода изложения лекционного материала позволяет успешнее достигать цели обучения на занятиях физики.

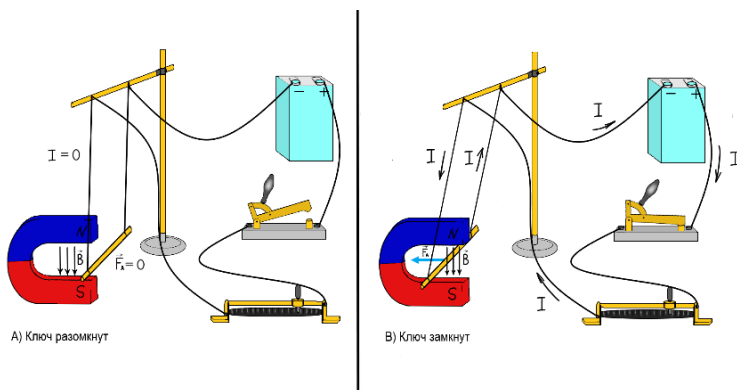


Рис. 2. Воздействие магнитного поля на проводник с током

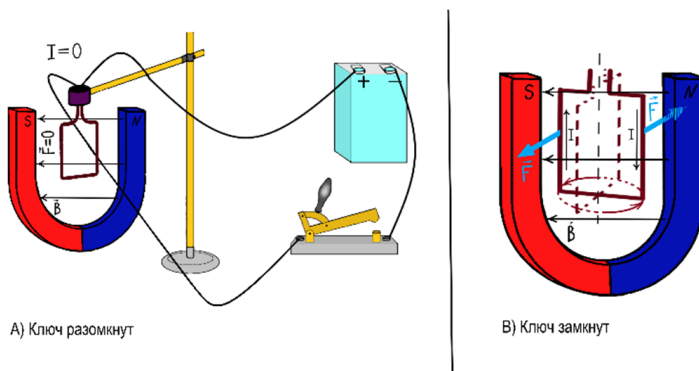


Рис. 3. Поворот рамки с током между полюсами магнита

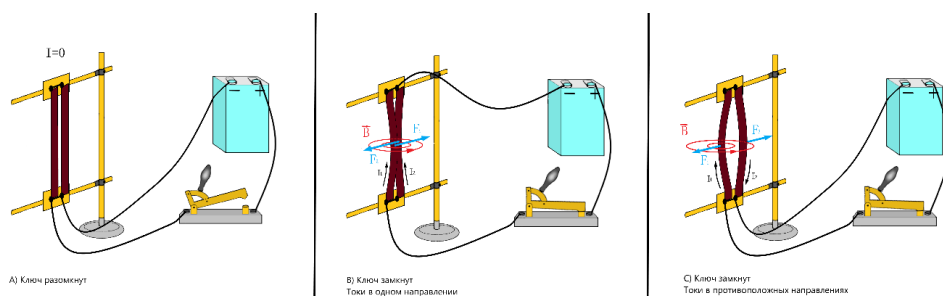


Рис. 4. Взаимодействие двух параллельных проводников с токами

Содержанием учебной деятельности для реализации системно-деятельностного подхода была выбрана исследовательская задача. Ее решение способствует овладению студентами навыков самостоятельного приобретения системы знаний, практических умений и экспериментальных навыков. Такие умения и качества необходимы будущим технологам в профессиональной сфере деятельности.

Выбранная нами исследовательская задача раздела физики «Магнетизм» была нацелена на изучение магнитного поля Земли. Ее решение основано на поиске способа количественной оценки величин, характеризующих силовые свойства поля – напряженность $|\vec{H}_z|$ и индукцию $|\vec{B}_z|$. Отсюда текст исследовательской задачи: «Рассчитать напряженность магнитного поля Земли при

помощи лабораторной установки тангенс-гальванометра. Сравнить полученный результат со средней интенсивностью магнитного поля Земли для данной географической местности, г. Москвы».

Решение поставленной задачи требует от студентов следующего.

1. Разбор теоретического материала по теме «Силовые характеристики магнитного поля».
2. Ознакомление с принципом работы лабораторной установки – тангенс-гальванометра.
3. Решение практической задачи по нахождению связи между током в катушке и созданного этим током магнитного поля.
4. Экспериментальное исследование зависимости между напряженностью магнитного поля Земли и показаниями тангенс-гальванометра при разной силе тока в катушке.

5. Оценка качества состояния магнитного поля г. Москвы согласно сравнимым результатам.

Студентам, приступая к выполнению исследовательской деятельности, следует разобраться с теоретическими основами понятия и свойствами магнитного поля \vec{H} [8; 9].

Магнитное поле, согласно открытию Эрстеда, образуется вокруг любого движущегося заряда или проводника с током [14]. Основной характеристикой поля служит вектор магнитной индукции \vec{B} , направление которого совпадает с касательными к магнитным силовым линиям.

Физический смысл вектора \vec{B} определяется из закона Ампера: на проводник с током, помещенным в магнитное поле, действует сила, равная:

$$d\vec{F} = I[\vec{B}d\vec{l}] \quad (1)$$

Часто магнитное поле изучается в воздухе или вакууме, и тогда рациональнее использовать для описания поля не \vec{B} , а вектор напряженности \vec{H} , который равен: $H = \frac{B}{\mu\mu_0}$, т. е. не зависящий от магнитных свойств среды [8].

Изучение теоретического материала позволит студентам понять физический смысл напряженности магнитного поля \vec{H} как важной характеристики для расчета магнитного поля Земли.

Далее студентам следует перейти к поиску возможностей для нахождения напряженности магнитного поля с помощью тангенс-гальванометра. Этот прибор состоит из нескольких десятков витков провода, намотанных на кольцо, в центре которого находится магнитная стрелка (рис. 5).

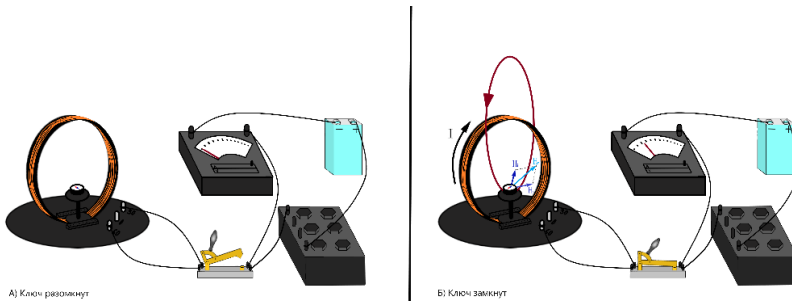


Рис. 5. Установка тангенс-гальванометра для регистрации магнитного поля

Если расположить катушку в плоскости магнитного меридиана и по ней пропустить ток I , то возникает магнитное поле тока с напряженностью H_r в центре катушки, направленное перпендикулярно плоскости катушки. Таким образом,

на стрелку будут действовать два взаимно перпендикулярных магнитных поля: магнитное поле Земли H_z и магнитное поле тока H_r . На рисунке 6 изображено сечение катушки горизонтальной плоскостью.

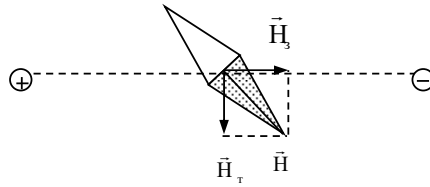


Рис. 6. Расположение магнитной стрелки в полях катушки с током и Земли

Стрелка отклонится на угол α и установится по направлению равнодействующей H , т. е. по диагонали прямоугольника, сторонами которого будут H_1 и H_3 . Из рисунка 6 получим:

$$H_1 = H_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Стрелка компаса тангенс-гальванометра устанавливает зависимость между напряженностями магнитных полей тока H_1 и Земли H_3 , но не дает количественной оценки этим значениям. Для отыскания магнитного поля тока H_1 студентам необходимо решить задачу, позволяющую определить величину напряженности

магнитного поля в зависимости от силы тока, подаваемой на катушку [10].

Численное значение вектора магнитной индукции \vec{B} , создаваемого элементом тока Idl , определяется законом Био – Савара – Лапласа:

$$\vec{dB} = \frac{\mu\mu_0 [Id \vec{l} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3}, \quad (3)$$

где r – расстояние от элемента тока Idl до т. А, где определяется элементарное значение магнитного поля, – угол между $d\vec{l}$ и r (рис. 7); – магнитная проницаемость среды; – магнитная постоянная.

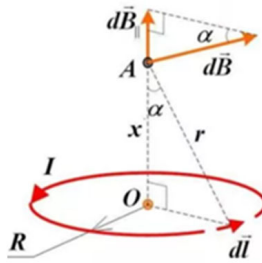


Рис. 7. Индукция магнитного поля кругового витка с током

Тогда закон Био – Савара – Лапласа для dH запишется в виде:

$$dH = \frac{Idl \sin \alpha}{4\pi r^2} \quad (4)$$

Используя формулу (4), можно найти напряженность магнитного поля, образованного проводником с током любой

конфигурации [13]. Например, магнитное поле, образованное круговым током, описывается вектором \vec{H} , который в центре кругового тока направлен перпендикулярно плоскости круга. Численное значение H получим, если учесть, что $l = 2\pi R$, $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$ (рис. 7).

$$H = \int dH = \int_0^{2\pi R} \frac{Idl \sin \alpha}{4\pi R^2} = \frac{I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{I \cdot 2\pi R}{4\pi R^2} = \frac{I}{2R} \quad (5)$$



Если поле образовано N – витками с током, то напряженность магнитного поля определяется выражением:

$$H_t = \frac{I \cdot N}{2R} \quad (6)$$

Подставляя выражение (2) в (6), получаем связь между напряженностью магнитного поля Земли и показаниями тангенс-гальванометра при разной силе тока в катушке:

$$H_3 = \frac{IN}{2Rtg\alpha} \quad (7)$$

Выведенный результат формулы (7) следует использовать в последующей

экспериментальной части исследовательской работы. Теперь студентам следует воспользоваться установкой тангенс-гальванометр для расчета напряженности магнитного поля Земли.

В начале экспериментальной деятельности студенты заполнили таблицу 1. В ней были заданы три значения N , определяющие число витков катушки тангенс-гальванометра, и каждому из них по два показания силы тока I , регистрируемые амперметром. Отклонение стрелки в компасе на углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ позволили рассчитать напряженность магнитного поля Земли H_3 по формуле 7.

Таблица 1

№	I, mA	N	α_1	α_2	α_3	α_4	α_{cp}	$tg\alpha$	$H_3, A/m$	B_3, nTl
1	54	30	31	32	31	31	31,25	0,60	67,50	8,48
2	60	50	32	32	31	31	31,35	0,65	75,03	9,42
3	65	75	34	34	35	35	34,5	0,68	57,55	7,23
4	54	30	27	26	26	26	26,25	0,49	91,20	11,45
5	60	50	36	37	36	37	36,5	0,66	62,99	7,91
6	65	75	28	27	26	27	26,5	0,52	46,63	5,86

По рассчитанным результатам эксперимента следует определить К-индекс. Этот показатель был введен Дж. Бартельсом в 1938 г. в виде целых чисел от 0 до 9 для каждого трехчасового интерва-

ла мирового времени [11]. К-индекс позволяет качественно оценить состояние магнитного поля по суточной вариации магнитного поля в исследуемом районе (г. Москва) (табл. 2).

Таблица 2

Вариация, нТл	< 5	5–10	10–20	20–40	40–70	70–120	120–200	200–330	330–550	> 550
К-индекс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
< 2	Спокойное									
2, 3	Слабо возмущенное									
4	Возмущенное									
5, 6	Магнитная буря									
> 7	Большая магнитная буря									

Полученные результаты измерений показали, что во время проведения эксперимента магнитное поле в месте исследования было спокойным. Сам эксперимент позволил оценить магнитосферу

Земли, а значит, получить продукт экспериментальной деятельности. Для решения задачи студентам необходимо было организовать последовательную систему деятельности, в которую входило



ло изучение материала по теме «Магнетизм», решение задачи по нахождению напряженности и индукции магнитного поля, созданных током, экспериментальное исследование по обнаружению магнитного поля Земли. Системно-деятельностный подход в решении задачи способствовал приобретению у студентов новых знаний, умений и способов деятельности [11; 15].

Эффективность применяемой методики обучения была проверена педагогическим экспериментом. В нем принимали участие студенты контрольной (А) и испытуемой (Б) групп. В начале эксперимента всем студентам была предложена контрольная работа из 10 задач для выявления остаточных знаний и умений школьного курса физики. Каждая задача оценивалась по 100-балльной шкале в зависимости от степени ее решения: написания краткого условия, наличия рисунка, правильности математических преобразований и вычислений. После семестрового изучения физики с учетом обучения группы Б по нашей методике студентам была предложена контрольная работа по разделу «Магнетизм». Для статистической значимости различий испытуемой и контрольной групп был применен Т-критерий Стьюдента для двух несвязанных выборок, распре-

ленных по нормальному закону.

Формула для расчета по Т-критерию Стьюдента имеет вид:

$$t_{\text{ЭМП}} = \left| \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_d} \right|, \quad (8)$$

где \bar{X} и \bar{Y} – средние арифметические значения оценок за контрольные работы в группах А и Б, а величину определяет по формуле:

$$S_d = \sqrt{S_x^2 - S_y^2}, \quad (9)$$

где S_x и S_y – средние ошибки расчетных величин, зависящие от количества испытуемых в эксперименте [6].

В нашем педагогическом эксперименте принимали участие равночисленные выборки, в каждую из которых входило по 12 студентов. Отсюда расчет имеет вид [2]:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{(n - 1) \times n}} \quad (10)$$

Экспериментальные данные для количественной оценки различий средних величин контрольной и испытуемой групп определялись в начале и в конце апробации. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты контрольной группы А до эксперимента		Результаты испытуемой группы Б до эксперимента		Результаты контрольной группы А после эксперимента		Результаты испытуемой группы Б после эксперимента	
№ задания	Оценка по 100-балльной шкале	№ задания	Оценка по 100-балльной шкале	№ задания	Оценка по 100-балльной шкале	№ задания	Оценка по 100-балльной шкале
1	67	1	45	1	51	1	78
2	44	2	64	2	74	2	94
3	38	3	28	3	49	3	89
4	65	4	39	4	62	4	73
5	55	5	77	5	58	5	77
6	76	6	59	6	69	6	52
7	48	7	56	7	47	7	89
8	55	8	67	8	71	8	93



9	21	9	42	9	69	9	64
10	43	10	63	10	54	10	68

Результаты расчета Т-критерия для оценки достоверности использования системно-деятельностного подхода изучения темы «Магнетизм» указаны в таблице 4.

Таблица 4

№	Отклонение от среднего		Квадраты отклонений		№	Отклонение от среднего		Квадраты отклонений	
	группа А	группа Б	группа А	группа Б		группа А	группа Б	группа А	группа Б
1	15,8	-9	249,4	81	1	-9,4	0,3	88,36	0,09
2	-7,2	10	51,84	100	2	13,6	16,3	184,96	127,69
3	-13,2	-26	174,24	676	3	-11,4	11,3	129,96	127,69
4	13,8	-15	190,44	225	4	1,6	-4,7	2,56	22,09
5	3,8	23	14,44	529	5	-2,4	-0,7	5,76	0,49
6	24,8	5	615,04	25	6	8,6	-25,7	73,96	660,49
7	-3,2	2	10,24	4	7	-13,4	11,3	179,56	127,69
8	3,8	13	14,44	169	8	10,6	15,3	112,36	234,09
9	-30,2	-12	912,04	144	9	8,6	-13,7	73,96	178,69
10	-8,2	9	67,24	81	10	-6,4	-9,7	40,96	94,09

Результат $t_{ЭМП1}$ в начале эксперимента оказался равным 0,4 при вероятности попадания истинного значения в интервал $P = 0,95$, что свидетельствует о том, что различие статистики недостоверно. Этот результат показывает, что экспериментальная и испытываемая группы в начале апробации системно-деятельностного подхода, приступая к изучению темы «Магнетизм», имели схожий уровень знаний и умений. В конце эксперимента по Т-критерию $t_{ЭМП2}$ оказался равным 3,2, что позволяет утверждать о различии исследуемых групп А и Б с вероятностью безошибочного прогноза – 99 %. Этот вывод позволяет сделать заключение об эффективности применения системно-деятельностного подхода в изучении физики студентами технологического вуза.

Обучение студентов МГУТУ физике на основе системно-деятельностного подхода позволило улучшить уровень знаний раздела «Магнетизм». Будущие технологи промышленного производ-

ства приобрели возможность развития способностей:

- 1) планировать и организовывать мероприятия по совершенствованию технологии выпускаемой продукции;
- 2) выполнять исследовательскую деятельность для последующего решения производственных задач;
- 3) актуализировать творческие способности в развитии технологии производства.

Предъявление высоких требований к качеству продуктов обязывает будущих технологов уметь совершенствовать пищевое производство. Показатели эффективности педагогического эксперимента демонстрируют, что применение системно-деятельностного подхода в курсе физики способствует расширению потенциальных возможностей будущих технологов производства, что способствует качественной подготовке кадров к последующей профессиональной деятельности на пищевых предприятиях.



Список источников

1. *Валуженич М. В.* Деятельностный подход в профессиональной адаптации // Профильная школа. – 2013. – № 4. – С. 57–63.
2. *Грaбарь М. И., Краснянская К. А.* Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. – М.: Педагогика, 1977. – 54 с.
3. *Зубова Н. В., Даммер М. Д.* Реализация идей STEM-образования на занятиях по физике в технологическом вузе // Современное образование и педагогическое наследие академика А. В. Усовой: материалы международной научно-практической конференции (Челябинск, 04–05 октября 2022 г.). – Челябинск: Край Ра, 2021. – С. 143–147.
4. *Иродов И. Е.* Задачи по общей физике. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 432 с.
5. *Иродов И. Е.* Электромагнетизм. Основные законы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 320 с.
6. *Петров П. К.* Математико-статистическая обработка и графическое представление результатов педагогических исследований с использованием информационных технологий: учебное пособие. – Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2013. – 179 с.
7. *Попова Г. М., Рябова Е. С.* Деятельность как основной инструмент формирования компетентностей // Физика в школе. – 2013. – № 4. – С. 48–53.
8. *Попов А. Г.* Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2015. – 404 с.
9. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики: в 5 т. Т. 3. Электричество. – М.: Физматлит, 2009. – 656 с.
10. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 5: Электричество и магнетизм. – СПб.: Питер, 2016. – 304 с.
11. *Фокин Ю. Г.* Краткий справочник по обучению в высшей школе. Деятельностный подход. – Ростов н/Д: Феникс, 2019. – 128 с.
12. *Черникова Т.* Деятельностный подход к обучению. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 328 с.
13. *Хуторской А. В.* Системно-деятельностный подход в обучении – основа ФГОС. – М.: Эйдос, 2012. – 162 с.
14. *Ширяева Н. И.* Задачи по общему курсу физики в вопросах и ответах. Электричество и магнетизм. – СПб.: Питер, 2015. – 469 с.
15. *Шумейко О. Н.* Реализация системно-деятельностного подхода в процессе обучения // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы VIII Международной научной конференции (Самара, 20–23 марта 2016 г.). – Самара: Асгард, 2016. – С. 18–25.

References

1. Valyuzhenich M. V. Activity approach in professional adaptation. *Profile school*, 2013, no. 4, pp. 57–63. (In Russian)
2. Grabar M. I., Krasnianskaya K. A. *Application of mathematical statistics in pedagogical research. Nonparametric methods*. Moscow: Pedagogika Publ., 1977, 54 p. (In Russian)
3. Zubova N. V., Dammer M. D. Implementation of ideas of STEM education in physics classes at a technological university. *Modern education and pedagogical heritage of academician A.V. Usova*: materials of the international scientific and practical conference (Chelyabinsk, October 04–05, 2022). Chelyabinsk: Kraj Ra Publ., 2021, pp. 143–147. (In Russian)



4. Irodov I. E. *Problems in general physics*. Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2012, 432 p. (In Russian)
5. Irodov I. E. *Electromagnetism. Basic laws*. Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2010, 320 p. (In Russian)
6. Petrov P. K. *Mathematical and statistical processing and graphical representation of the results of pedagogical research using information technologies*: textbook. Izhevsk: Publishing House of Udmurt University, 2013, 179 p. (In Russian)
7. Popova G. M., Ryabova E. S. Activity as the main tool for the formation of competencies. *Physics at school*, 2013, no. 4, pp. 48–53. (In Russian)
8. Popov A. G. *Motion of charged particles in electric and magnetic fields*: textbook. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2015, 404 p. (In Russian)
9. Sivukhin D. V. *General course of physics*: in 5 vol. Vol. 3: Electricity. Moscow: Fizmatlit Publ., 2009, 656 p. (In Russian)
10. Feynman R., Leighton R., Sands M. *Feynman lectures on physics*: Vol. 5: Electricity and magnetism. St. Petersburg: Piter Publ., 2016, 304 p. (In Russian)
11. Fokin Yu. G. *A short guide to higher education. Activity approach*. Rostov-on-Don: Feniks Publ., 2019, 128 p. (In Russian)
12. Chernikova T. *An activity-based approach to learning*. Moscow: LAP Lambert Academic Publishing Publ., 2019, 328 p. (In Russian)
13. Khutorskoy A. V. *The system-activity approach in teaching is the basis of the Federal State Educational Standard*. Moscow: Eidos Publ., 2012, 162 p. (In Russian)
14. Shiryayeva N. I. *Problems in the general course of physics in questions and answers. Electricity and magnetism*. St. Petersburg: Piter Publ., 2015, 469 p. (In Russian)
15. Shumeiko O. N. Implementation of a system-activity approach in the learning process // *Topical issues of modern pedagogy*: materials of the VIII International Scientific Conference (Samara, March 20–23, 2016). Samara: Asgard Publ., 2016, pp. 18–25. (In Russian)

Информация об авторе

Н. В. Зубова – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, <https://orcid.org/0000-0002-8112-1378>, n.v.zubova@mgutm.ru

Information about the Author

Natalia V. Zubova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics, <https://orcid.org/0000-0002-8112-1378>, n.v.zubova@mgutm.ru

Поступила: 15.05.2022; одобрена после рецензирования: 18.08.2022; принята к публикации: 19.08.2022.

Received: 15.05.2022; approved after peer review: 18.08.2022; accepted for publication: 19.08.2022.

