

**МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ**  
**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ**  
**METHODS OF TEACHING MATHEMATICS**

МРНТИ 14.35.09  
УДК 372.851:372.853

10.51889/2959-5894.2023.82.2.011

А.Е. Абылкасымова<sup>1</sup>, А.А. Курманов<sup>2\*</sup>, Е.А. Туяков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан

\*e-mail: almaskurmanov@mail.ru

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ  
ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ»**

*Аннотация*

В статье приведены результаты методического исследования на предмет влияния межпредметных связей (МПС) курса дифференциальных уравнений при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах».

Актуальность такого подхода не вызывает сомнения и доказана практикой преподавания в педвузе. В эпоху цифровых технологий в системе образования Казахстана происходит большое количество изменений в структуре дидактического содержания учебных дисциплин в связи с быстрым ростом количества и качества знаний и информации. Знания приобретают интегрированный междисциплинарный характер. В 2022 году обновлены государственные стандарты образования всех уровней. Ранее были введены новые специальности или по-новому образовательные программы 6В01522-Физика-Математика, 6В01511 Математика-Физика. С получением сдвоенных специальностей изменяется системный принцип подготовки будущих учителей-предметников. Междисциплинарный характер знаний становится достаточно эффективным ресурсом для повышения качества подготовки педагогов. Повышение качества подготовки учителей-предметников обусловлено, прежде всего повышением системности и обобщенности профессионального мышления будущего учителя.

**Ключевые слова:** физика, математика, задачи, межпредметные связи (МПС), дифференциальные уравнения, электромагнитные волны.

*Аңдатпа*

А.Е. Әбілқасымова<sup>1</sup>, А.А.Курманов<sup>2</sup>, Е.А. Туяков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Торайгыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан

**«ЭЛЕКТРОМАГNETТІК ТОЛҚЫНДАР» ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДА ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ  
ТЕНДЕУЛЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК АСПЕКТІЛЕРІ**

Мақалада «Әртүрлі орталардағы электромагниттік толқындар» тақырыбын зерттеуде дифференциалдық теңдеулер курсының пәнаралық байланыс (ПБ) әсері бойынша әдістемелік зерттеу нәтижелері келтірілген.

Бұл тәсілдің өзектілігі күмән тудырмайды және педагогикалық университеттегі оқыту тәжірибесімен дәлелденді. Қазақстанның білім беру жүйесінде цифрлық технологиялар дәуірінде білім мен ақпараттың саны мен сапасының қарқынды өсуіне байланысты оқу пәндерінің дидактикалық мазмұнының құрылымында көптеген өзгерістер орын алуда. Білім біріктірілген пәнаралық сипатқа ие болды. 2022 жылы барлық деңгейдегі мемлекеттік білім стандарттары жаңартылды. Бұрын 6В01522-Физика-математика, 6В01511 Математика-Физика жаңа мамандықтар немесе білім беру бағдарламалары жаңа әдіспен енгізілген болатын. Қос мамандықты меңгерумен болашақ пән мұғалімдерін даярлаудың жүйелік принципі өзгереді. Білімнің пәнаралық сипаты мұғалімдерді даярлау сапасын арттырудың жеткілікті тиімді ресурсына айналуға. Пән мұғалімдерін дайындау сапасын арттыру ең алдымен болашақ мұғалімнің жүйелі және жалпылама кәсіби ойлауының артуына байланысты.

**Түйін сөздер:** физика, математика, есептер, пәнаралық байланыс (ПБ), дифференциалдық теңдеулер, электромагниттік толқындар.

Abstract

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN THE STUDY OF THE TOPIC «ELECTROMAGNETIC WAVES»**

*Abylkassymova A.E<sup>1</sup>, A.A. Kurmanov<sup>2</sup>, E.A. Tuyakov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.*

The article presents the results of a methodological study on the subject of the influence of interdisciplinary connections of the differential equations course in the study of the topic «Electromagnetic waves in various media».

The relevance of this approach is beyond doubt and has been proven by the practice of teaching in a pedagogical university. In the era of digital technologies in the education system of Kazakhstan, there are a large number of changes in the structure of the didactic content of academic disciplines due to the rapid growth in the quantity and quality of knowledge and information. Knowledge acquires an integrated interdisciplinary character. In 2022, state education standards at all levels were updated. Previously, new specialties or educational programs 6B01522-Physics-Mathematics, 6B01511 Mathematics-Physics were introduced in a new way. With the acquisition of dual specialties, the systemic principle of training future subject teachers changes. The interdisciplinary nature of knowledge is becoming a fairly effective resource for improving the quality of teacher training. Improving the quality of training of subject teachers is primarily due to an increase in the systemic and generalized professional thinking of the future teacher.

**Keywords:** physics, mathematics, problems, interdisciplinary connections (IC), differential equations, electromagnetic waves.

### **Введение**

Известно, что качество, глубина и целостность формируемых знаний, умение решать задачи, возможность их интегрирования в современные нужды напрямую зависит от формируемых межпредметных связей (МПС) у будущих учителей. Данное исследование является частью диссертационного исследования по более широкой тематике: Методика реализации межпредметных связей по физике и математике в подготовке будущих учителей. В которой изучены роль, место, дидактическое значение и дидактическое содержание и система мер по реализации межпредметных связей курсов общей физики и разделов математики в процессе подготовки студентов педагогического вуза. Под дидактическим содержанием мы понимаем, созданный в целях повышения качества усвоения студентами предложенного Типовыми программами дисциплин разделов физики и математики, конкретный междисциплинарный контент для обучения студентов по разработанной нами методике обучения [1]. При этом реализацию межпредметных связей в подготовке будущих учителей, мы считаем достаточно эффективным современным образовательным ресурсом [2]. В данной части исследования были рассмотрены методические аспекты использования знаний по методике решения дифференциальных уравнений при изучении раздела исследования и описания волновых процессов в диэлектрических анизотропных средах, холестерических кристаллах, а также упругих волн в температурном поле. Содержание данного раздела было описано в наших предыдущих научных работах [3–6].

Предлагаемая методика содержит краткое описание основных этапов реализации межпредметных связей на примере одной из сложных, наиболее тесно связанной с математикой раздела физики «Электромагнитные волны в различных средах».

*Цель исследования:* разработка методических аспектов применения дифференциальных уравнений при изучении темы «электромагнитные волны в различных средах», как современного дидактического ресурса.

### **Материалы и методы**

Теоретической основой применения методики межпредметных связей являются учение академика И.П. Павлова, который считал, что физиологическим механизмом усвоения знаний является образование в коре головного мозга сложных систем временных связей, которые он отождествлял с тем, что в психологическом плане образование ассоциации – это связи между всеми формами отражения объективной действительности, таким образом, необходимость межпредметных связей заключена в самой природе мышления, диктуется объективными законами высшей нервной деятельности, законами психологии и физиологии [7]. Разрабатываемая методика отражает этапы психологических закономерностей усвоения знаний [8, 9].

I. Этап (актуализации и восприятия при усвоении разработанного междисциплинарного контента). Применение сведений из школьных курсов, необходимых для решения задач, сводящихся к дифференциальным уравнениям.

Содержание: мотивация, связь ДУ со школьным курсом математики

II. Решение геометрических задач, сводящихся к дифференциальным уравнениям

Содержание: изучение нового материала (общий вид ДУ и алгоритм его решения), воспроизведение и применение в решении задач на определение типа ДУ и алгоритма его решения в геометрических задачах.

III. Применение дифференциальных уравнений при решении задач по теме «Электромагнитные волны в различных средах».

Этап осознания и восприятия новой темы определяется **алгоритмом выработки** межпредметных связей при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах»: 1) изучение нового материала (общий вид ДУ и способы его решения), 2) воспроизведение знаний и применение в решении задач на определение типа ДУ и алгоритма его решения, 3) применение знаний решения ДУ в задачах физики волновых процессов.

Тема «Электромагнитные волны в различных средах» изучается в курсах «Электричество и магнетизм» и «Избранные главы электричества и магнетизма».

Убеждаемся в соответствии содержания курса ДУ требованиям темы «Электромагнитные волны в различных средах».

Рассмотрим курс «Дифференциальные уравнения» на примере каталога элективных дисциплин 6В01522-Физика-Математика ПГПУ, 2022г. *Содержание: Основные понятия и определения, относящиеся к ДУ первого порядка. Виды и методы решения ДУ первого и высших порядков. Интегральная кривая. Задача Коши. Теорема Пикара о существовании и единственности решения задачи Коши. Общее и частное решение. Системы дифференциальных уравнений.*

Этап анализа (систематизации) и синтеза (обобщения) межпредметного контента изучаемой темы. Дифференциальные уравнения встречаются почти во всех разделах физики (таблица 1). В том числе в курсе уравнений математической физики. Проследить взаимосвязь курсов высшей математики и общей физики поможет схема ниже (рисунок 1). Там же видна роль выбранной темы физики.

Таблица 1. Некоторые дифференциальные уравнения, используемые в курсе общей физики

Раздел физики	Закон	Формула
Механика	Второй закон Ньютона	$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$
	Уравнение Мещерского	$m(t) \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i^{\text{внеш}} + \frac{dm}{dt} \vec{u}'$
Молекулярная физика	Закон теплопроводности Фурье	$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \frac{\delta Q}{dF d\tau}$
	Закон диффузии Фика	$J_m = -D \frac{dn}{dx} = \frac{\Delta M}{dF d\tau}$
Электростатика	Уравнение электростатики Пуассона	$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$
Электромагнетизм. Оптика	Уравнения Максвелла	$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t};$ $\text{div} \vec{D} = \rho; \text{div} \vec{B} = 0$
Атомная физика	Уравнение Шредингера	$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$

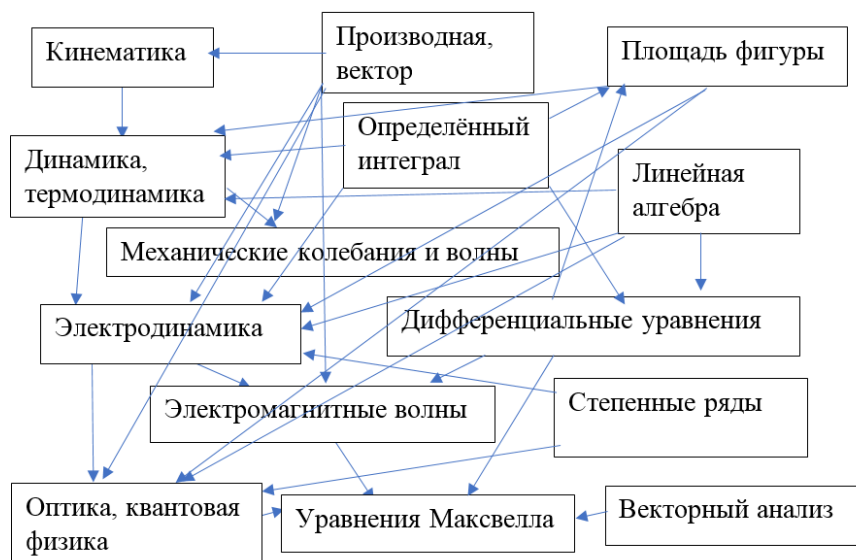


Рисунок 1. Схема межпредметных связей курсов высшей математики и общей физики

Перечень важных вопросов математики при формировании МПС с физикой:

1. Элементы векторной алгебры
2. Физический и геометрический смысл производной и определённого интеграла
3. Линейные дифференциальные уравнения первого и второго порядков
4. Ряды Тейлора и Фурье
5. Элементы векторного анализа: градиент, дивергенция, ротор, поток и циркуляция.

Этап применения знаний и формирования навыков. Для этого были разработана система конструктивистских заданий по реализации межпредметных связей в процессе изучения темы.

В статье приведены, в качестве примера, ряд типичных заданий, предлагаемых студентам для этого этапа применения и оценки знаний и навыков по знанию, определению, пониманию смысла и роли в познании межпредметных связей.

*Задание 1.* (Выработка навыка решения дифференциальных уравнений с геометрическим смыслом).

1) Ознакомьтесь с предложенными решениями задач и выделите этапы их решения с помощью дифференциальных уравнений.

*Задача 1.1.* Кривая проходит через точку  $A(0, a)$ ,  $MN$ - произвольная ордината этой кривой. Определить кривую из условия, что площадь  $OAMN$  равна  $aL$ , где  $L$ - длина дуги  $AM$ .

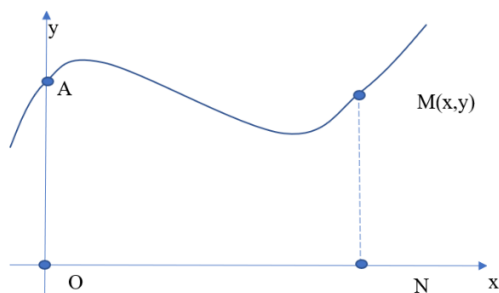


Рисунок 2. К задаче 1.1

Следовательно,  $y' = \pm \frac{y^2}{a^2} - 1$ . Решая это уравнение с разделяющимися переменными, интегрируя для каждого знака получим соответственно:

$$\ln \left| \frac{y-a}{y+a} \right| = \frac{2x}{a} + C \quad \text{и} \quad \text{arctg} \frac{y}{x} = -\frac{x}{a} + C.$$

Решение. По условию задачи

$$SOAMN = aL, \tag{1.1}$$

где  $L$ - длина дуги  $AM$  (рисунок 2).

Используя формулу вычисления площади плоской фигуры и длины кривой, имеем:

$$S = \int_0^x y(x) dx, \quad L = \int_0^x \sqrt{1 + (y'(x))^2} dx.$$

Подставив эти значения в (1.1) получим дифференциальное уравнение:

$$y = a\sqrt{1 + (y')^2}.$$

**Задача 1.2.** Найти кривые, у которых поднормаль равна разности между модулем радиус-вектора кривой и абсциссой точки касания.

Решение. По условию  $|NL| = |OM| - |ON|$  (рисунок 3). Так как  $|NL| = y \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ,  $|OM| = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $|ON| = x$ , поэтому получаем дифференциальное уравнение:

$$y \cdot y' = \sqrt{x^2 + y^2} - x.$$

Для однородного дифференциального уравнения применяем замену:  $y = x \cdot u(x)$ .

При  $x > 0$  имеем:

$$\frac{2dx}{x} = \frac{du^2}{\sqrt{u^2 + 1} - 1 - u^2}$$

$$\frac{2 \int dx}{x} = \int \frac{du^2}{\sqrt{u^2 + 1} - 1 - u^2} + C$$

$$x \cdot (1 - z) = C$$

где  $z = \sqrt{u^2 + 1}$ .

Таким образом, искомое семейство кривых имеет

вид  $x - \sqrt{x^2 + y^2} = C$ . Случай  $x < 0$  рассмотрите самостоятельно.

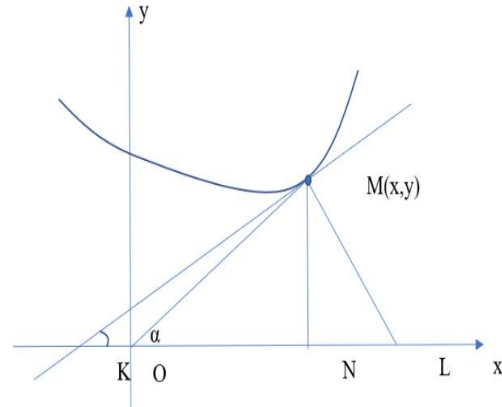


Рисунок 3. К задаче 1.2

2) Сравните выделенные этапы решения двух задач. Сопоставьте их с этапами решения алгебраических задач в школе.

3) Составьте рекомендации по решению задач каждого вида.

4) Подведите итоги. Какие вопросы поискового характера возникали? Что помогло ответить на них? Сравните с предложенной ниже схемой (рисунок 4).

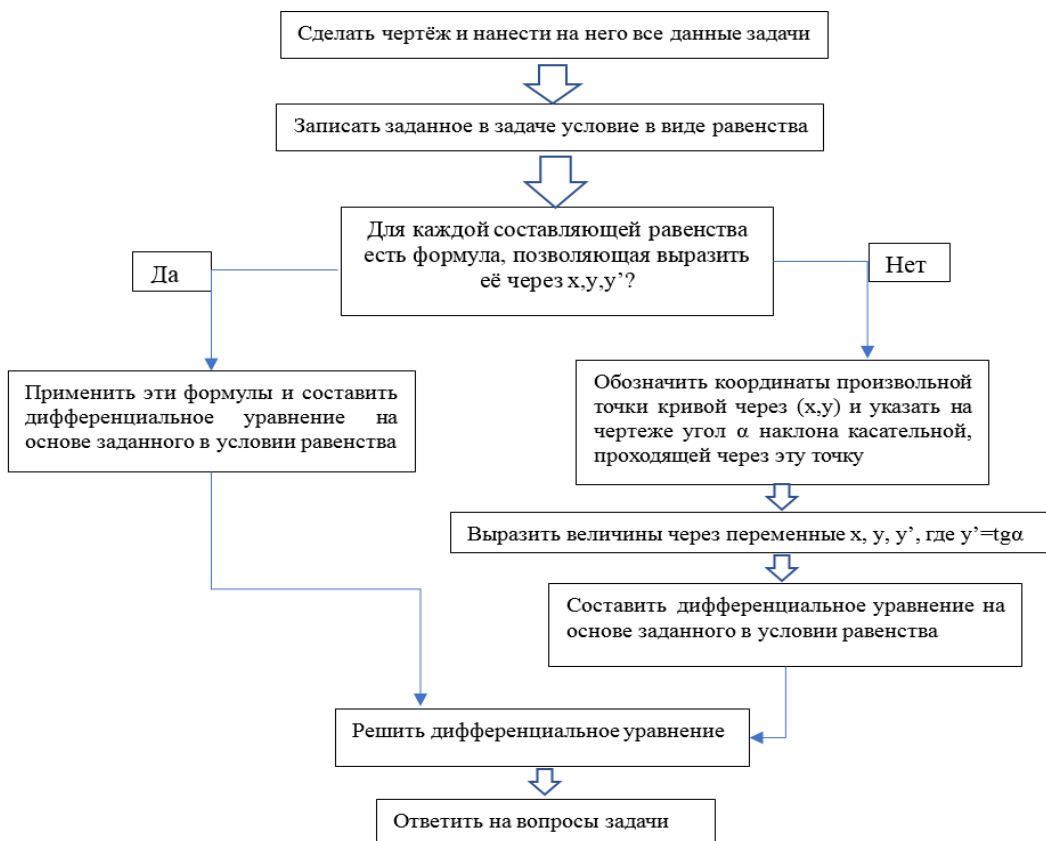


Рисунок 4. Схема решения прикладных геометрических задач

*Задание 2* (Выработка навыка решения дифференциальных уравнений с физическим смыслом).

Задача на определение наивысшего положения ракеты. Ракета выпущена вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 100$  м/с. Сопrotивление воздуха замедляет ее движение, сообщая ракете отрицательное ускорение, равное  $-kv^2$ , где  $v$  – мгновенная скорость ракеты, а  $k$  – аэродинамический коэффициент. Определить время достижения ракетой наивысшего положения.

Решение.

Примем движение ракеты условно за движение некоторой материальной точки (рисунок 5). Тогда общее ускорение ракеты  $a$  при движении вверх составит из ускорения свободного падения  $g$  и аэродинамического ускорения  $kv^2$  (в проекциях):

$$a = -g - kv^2. \quad (2.1)$$

Но также известно, что ускорение есть первая производная от скорости по времени:

$$\vec{a} = d\vec{v}/dt$$

Тогда уравнение (2.1) примет вид:

$$dv/dt = -g - kv^2.$$

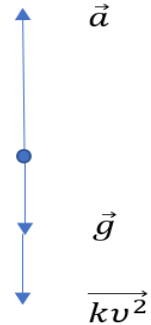


Рисунок 5. К задаче 2

Получаем уравнение с разделяющимися переменными, разделяя которые, получаем:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{g + kv^2} &= -dt, \\ \frac{dv}{1 + \frac{kv^2}{g}} &= -gdt \end{aligned} \quad (2.2)$$

Для интегрирования этого уравнения проведем предварительно его преобразования:

$$\frac{d\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)}{\sqrt{\frac{k}{g}}\left(1 + \left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)^2\right)} = -gdt.$$

Это уравнение уже можно почленно проинтегрировать:

$$\int \frac{d\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)}{1 + \left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right)^2} = -\int \sqrt{gk}dt$$

откуда получаем общее решение уравнения (2.2):

$$\text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right) = -\sqrt{gk} \cdot t + C \quad (2.3)$$

Нам необходимо определить частное решение дифференциального уравнения (найти значение произвольной переменной  $C$  в формуле (2.3)) по начальным условиям задачи, то есть решить задачу Коши. Для условий данной задачи при  $t = 0$ ,  $v = v_0 = 100$  м/с, величина  $C = \text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v_0\right) = \text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right)$ , следовательно, частное решение примет вид:

$$\text{arctg}\left(\sqrt{\frac{k}{g}}v\right) - \text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right) = -\sqrt{gk} \cdot t \quad (2.4)$$

В момент достижения верхней точки полета  $t = T$ , мгновенная скорость ракеты  $v$  равна нулю.

Подставляя в формулу (2.4)  $t = T$ ,  $v = 0$ ,  $g = 10 \text{ м/с}^2$  находим:

$$T = \frac{\text{arctg}\left(100\sqrt{\frac{k}{g}}\right)}{\sqrt{gk}} = \frac{\text{arctg}(31,62\sqrt{k})}{3,162\sqrt{k}}$$

Именно через это время  $T$  ракета и достигнет своего наивысшего положения, при известном заранее коэффициенте аэродинамического сопротивления  $k$ .

**Задание 3.** Выработка навыка решения системы векторных дифференциальных уравнений при изучении темы «Электромагнитные волны в различных средах»

С помощью метода матрицанта [10] уравнения Максвелла приведены к обыкновенным дифференциальным уравнениям первого порядка:

$$\frac{d\vec{u}}{dz} = \hat{B}\vec{u}, \quad \vec{u} = (E_y, H_x, H_y, E_x)^t. \quad (3.1)$$

Матрица коэффициентов  $\hat{B}$  в этом случае:

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} \\ -b_{24} & 0 & 0 & b_{34} \\ 0 & -b_{13} & b_{43} & 0 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \text{где } b_{12} &= i\left(\omega\mu_0\mu - \frac{k_y^2}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z}\right); & b_{13} &= i\frac{k_x k_y}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z}; & b_{21} &= i\left[\omega\varepsilon_0\varepsilon_y - \frac{k_x^2}{\omega\mu_0\mu}\right]; \\ b_{24} &= i\left[\omega\varepsilon_0\varepsilon_{xy} + \frac{k_x k_y}{\omega\mu_0\mu}\right]; & b_{34} &= -i\left(\omega\varepsilon_0\varepsilon_x - \frac{k_y^2}{\omega\mu_0\mu}\right); & b_{43} &= i\left(\frac{k_x^2}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_z} - \omega\mu_0\mu\right). \end{aligned}$$

Найдите решения в виде поверхностей индикатрис для следующих материалов:

- 1) иодноватая кислота  $\text{HIO}_3$   $\hat{\varepsilon} = 7, 2; 8, 0; 6, 9, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 2) оксид ниобия бария натрия  $\text{Ba}_2\text{NaNb}_5\text{O}_{15}$   $\hat{\varepsilon} = 5, 63; 5, 62; 6, 1, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 3) литий йодноватокислый  $\text{LiIO}_3$   $\hat{\varepsilon} = 500; 554; 65, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ ;
- 4) ниобат лития  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\hat{\varepsilon} = 78; 78; 32, \varepsilon_{xy} = 0, \mu = 1$ .

Решение. Уравнения индикатрис для неограниченной периодически неоднородной анизотропной структуры следуют из низкочастотного разложения уравнений дисперсии [10]. Если  $h$ -период неоднородности, а длина электромагнитной волны  $\lambda \gg h$ , при этом частоты много меньше оптических  $\omega \ll 10^{14}$  Гц, то для величин (3.3)-полусуммы матрицантов и (3.4) – корней уравнений дисперсии:

$$\langle \hat{P} \rangle \geq \hat{I} + \hat{B}^2 h^2 / 2 + \dots \quad (3.3)$$

$$\cos(\tilde{k}_i h) = 1 - \frac{\tilde{k}_i^2 h^2}{2} + \dots \quad (3.4)$$

получим приближения:  $\det(\hat{I} + B^2 h^2 / 2 - \hat{I} + \hat{I}(kh)^2 / 2) = 0 \Rightarrow \det(B^2 + \hat{I}k^2) = 0$

Решая (3.1)-(3.4), получим уравнение индикатрис волнового вектора (3.5)

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\varepsilon_z}((k^2 + k_x^2 + k_y^2)(k_x^2 \varepsilon_x + 2k_x k_y \varepsilon_{xy} + k_y^2 \varepsilon_y + k^2 \varepsilon_z) + \\ &+ \varepsilon_0 \mu_0 \mu \omega^2 ((k_x^2 + k_y^2)(\varepsilon_{xy}^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y) - ((k^2 + k_x^2) \varepsilon_x + 2k_x k_y \varepsilon_{xy} + \\ &+ (k^2 + k_y^2) \varepsilon_y) \varepsilon_z + \varepsilon_0^2 \mu_0^2 \omega^4 (-\varepsilon_{xy}^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y)) = 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Для получения поверхностей индикатрис нужно ввести сферическую систему координат:

$$\begin{cases} k_x = k \sin\phi \cos\theta \\ k_y = k \sin\phi \sin\theta \\ k_z = k \cos\phi \end{cases} \quad (3.6)$$

Задать параметры электромагнитных волн, адекватные длинноволновому приближению:  $\omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 = \omega^2 / c^2 \approx \omega^2 / 10^{17} = 1 \text{ м}^{-2}$ , метровые-дециметровые радиоволны.

С учётом данных по условию задачи численных значений параметров среды получим следующие неотрицательные значения волновых векторов обоих лучей, которые в программе Wolfram Mathematica имеют вид индикатрис (рисунок 6).

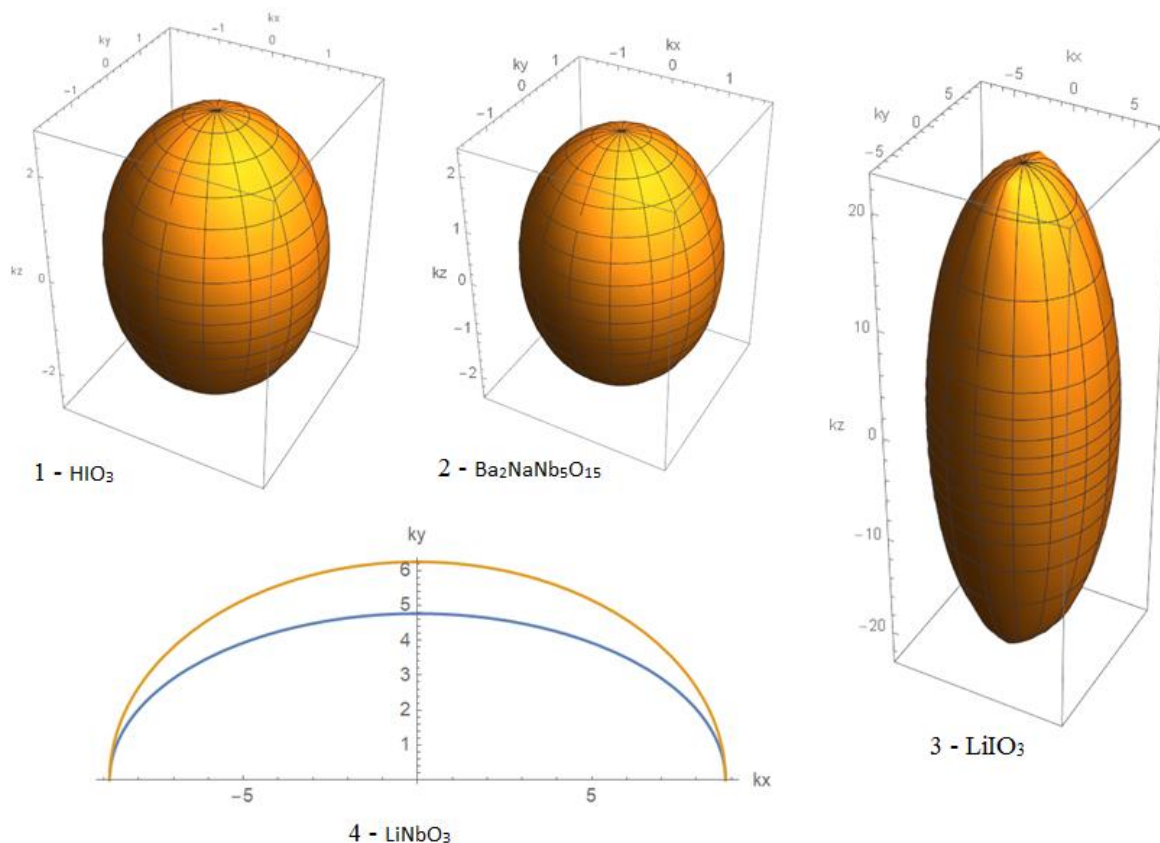


Рисунок 6. Индикатрисы волновых векторов для кристаллов: 1 – иодноватой кислоты, 2 – оксида ниобия бария натрия, 3 – лития иодноватокислого, 4 – ниобата лития

Для кристалла ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  при частотах, ниже собственного акустического резонанса  $\hat{\varepsilon} = 78; 78; 32$  волновой вектор, в виду тетрагональной сингонии теряет асимметричность относительно угла  $\theta$ . Аналогично танталат лития  $\text{LiTaO}_3, \hat{\varepsilon} = 51; 51; 45$ . Поэтому 3d-поверхности волновых векторов представлены в виде 2d-графиков.

### Результаты

Полученные результаты описывают волновые процессы графически, указывая распределение волнового вектора по направлениям главной оптической оси в кристаллах низких сингоний.

### Итоги педагогического эксперимента.

#### 1) Роль МПС и их уровень сформированности.

Анкета №1 Оценка роли межпредметных связей по физике и математике.

Анализ результатов ответов опрошенных студентов представлен далее.

#### 1. Оцените, насколько знания по математике необходимы Вам в жизни.

77% (4 и 5 баллов) респондентов считают, что математические знания необходимы им в жизнедеятельности. Небольшое количество (10% — 0-2 балла) опрошенных отмечают бесполезность для себя знаний по математике. 13% (3 балла) студентов не отрицают необходимость таких знаний.

#### 2. Достаточно ли Вам школьной математической подготовки для обучения в вузе?



Всех студентов, давших ответы на данный вопрос, можно разделить на две равные группы. 50% (4 и 5 баллов) студентов считают, что обладают хорошим уровнем школьной математической подготовки. Другие 50% (0-3 балла) студентов испытывают недостаток школьной математической подготовки для обучения в вузе.

3. *Оцените, насколько знания по высшей математике пригодятся Вам в будущей профессии.*

Почти половина респондентов (85% – 4 и 5 баллов) оценивают знания по математике как нужные в будущей профессиональной деятельности. 10% (3 балла) студентов не осознают необходимость математических знаний в дальнейшем. 5% (0–2 балла) считают данные знания бесполезными для приобретаемой профессии.

4. *Оцените взаимосвязь изучаемых Вами дисциплин с математикой.*

Можно говорить, что большая часть студентов не видит межпредметных связей изучаемых дисциплин с математикой. 5% (0–2 балла) говорят об отсутствии этих связей. 55% (3 балла) отмечают небольшую связь. Лишь 40% (4 и 5 баллов) студентов считают, что изучаемые ими предметы связаны с математикой.

5. *Оцените, насколько знания по математике помогают Вам при изучении других дисциплин.*

5% (0-2 балла) считают, что знания по математике не помогают изучению других дисциплин. 45% (3 балла) респондентов отмечают незначительное значение математических знаний при обучении. 50% (4 и 5 баллов) студентов указывают на необходимость математики при изучении предметов естественнонаучного и профессионального циклов.

6. *Оцените, насколько важно решать на занятиях по математике задачи с профессиональным контекстом.*

15% (0-2 балла) опрошенных не видят смысла в решении таких задач. 30% (3 балла) не могут определить значения математических задач профессионального контекста. 55% (4 и 5 баллов) студентов определяют решение профессионально направленных задач как важный элемент занятий по математике.

7. *Оцените, насколько профессионально направленные задачи способствуют изучению математики.*

Половина опрошенных студентов (55% – 4 и 5 баллов) отмечают, что изучение математики будет более успешным, если на занятиях будут рассматриваться и решаться профессионально направленные задачи.

**2) Влияние МПС на познавательный интерес и эффективность обучения.** После изучения курса физики студентам было предложено ответить на вопросы анкеты № 2 с целью выяснить влияние учёта межпредметных связей на результаты обучения данным дисциплинам. В анкетировании участвовало 20 студентов.

Анкета № 2 опроса студентов о формировании межпредметных связей и влиянии на познавательный интерес и эффективность учебного процесса (таблица 2).

Таблица 2. Результаты диагностики изменения познавательного интереса

Мотивация к обучению	Значительное увеличение	Незначительное увеличение	Без изменений
Интерес к изучению физики	51	5	4
Интерес к изучению математики	49	9	2
Умение решать задачи по физике	18	15	27
Умение решать задачи по математике	20	24	16
Интерес к обучению в целом	44	8	8

Результаты анкетирования 60 студентов свидетельствуют о существенном увеличении познавательного интереса к физико-математическим дисциплинам и положительной динамики в умении решения задач, около 80%.

3) Диагностика сформированного уровня знаний при реализации МПС.

Анкета №3 (проверка достижений результатов изучения темы).

- 1 Какие физические поля могут вызывать анизотропию? Назовите соответствующие эффекты.
- 2 Дайте определение векторам  $E$ ,  $H$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $P$ ,  $j$ . Укажите их единицы измерения.
- 3 Дайте определение величинам  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\epsilon_{ij}$ ,  $\mu_{ij}$ ,  $\sigma_{ij}$ ,  $\rho$ ,  $\omega$ . Укажите их единицы измерения.
- 4 Приведите виды магнетиков в зависимости от их свойств. Каким из них характерен гистерезис?

- 5 Какие процессы приводят в поляризации диэлектриков?
- 6 В чём состоит электрооптический эффект?
- 7 Раскройте векторную операцию  $\text{rot}\vec{E}$  и  $\text{div}\vec{D}$ .
- 8 Для диэлектрической проницаемости вида  $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{xz} = 0$  выведите матрицу коэффициентов В.

- 9 Если материальные параметры среды  $\hat{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_x & \mu_{xy} & \mu_{xz} \\ \mu_{xy} & \mu_y & \mu_{yz} \\ \mu_{xz} & \mu_{yz} & \mu_z \end{pmatrix}$ ,  $\hat{\varepsilon} = \text{const}$ ,  $\sigma = 0$ , то какой вид имеет

матрица коэффициентов В?

10 Выведите уравнение индикатрис в явном виде для удобного класса анизотропной среды для электромагнитных волн в низкочастотном приближении с помощью программы Wolfram Mathematica.

### Обсуждение

В соответствии с полученными результатами 1-анкетирования студентов можно говорить о том, что большая их часть понимает необходимость знаний по математике в будущем. Они считают целесообразным решение профессионально направленных математических задач, что, по их мнению, способствует получению и осознанию математических знаний. В то же самое время, неумение части студентов видеть межпредметные связи математики с другими дисциплинами приводит к недооцениванию математических знаний в учебно-познавательной и профессиональной деятельности.

В силу специфики темы вопросы 3-анкеты решались в течении нескольких занятий. В качестве контрольной группы (КГр) выбраны студенты того же профиля обучения что и студенты экспериментальной группы (ЭГр), но их образовательный процесс был организован в стандартных условиях вуза. Констатирующий эксперимент позволил определить имеющийся уровень сформированности МПС физики и математики по данной теме. Применение активных методов обучения на формирующем этапе эксперимента позволило выработать некоторые навыки МПС с учётом принципа преемственности. В ходе итогового этапа эксперимента осуществлялся контроль условий реализации МПС при формировании творческого уровня знаний. Сравнительный анализ результатов эффективности решения предложенных задач представлено в таблице 3.

Таблица 3. Результаты диагностики сформированности уровня знаний и навыков МПС

Группа	Уровень усвоения знаний					
	Низкий (воспроизведение)		Средний (применение)		Высокий (творческий)	
	Первичная диагностика	Итоговая диагностика	Первичная диагностика	Итоговая диагностика	Первичная диагностика	Итоговая диагностика
ЭГр.	70	5	20	10	10	85
КГр.	71	45	14	30	15	25

### Заключение

Выводы исследования и дальнейшие перспективы.

Применение МПС при обучении физике привело к повышению качества подготовки будущих учителей, что является залогом их успешной работы в дальнейшем. Результаты педагогического эксперимента позволяют сделать вывод, что предлагаемую методику реализации МПС при обучении физике целесообразно применять в комплексе с учётом принципов преемственности, уровня усвоения знаний, потребностей и интересов студентов. В дальнейшем следует ожидать совершенствования отдельных элементов методики и её дидактического контента.

*Работа была поддержана Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19680007, А.Е. Абылкасымова).*

#### Список использованной литературы:

1 Приказ Министра просвещения РК от 16 сентября 2022 года № 399. Об утверждении типовых учебных программ по общеобразовательным предметам и курсам по выбору уровней начального, основного среднего и общего среднего образования. Приложения 112, 104, 106. [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029767> (дата обращения: 01.12.2022).

2 Мамбетакунов Э. Дидактические функции межпредметных связей в формировании у учащихся естественнонаучных понятий. – Б: Университет, 2015. – 328 с.

3 Kurmanov A. A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N. and Dossumbekov K.R. Propagation of electromagnetic waves in stationary anisotropic media // *Physica Scripta*. – Volume 96. – Number 8. – 18 May 2021. – IOP Publishing Ltd

4 Dossumbekov K. R., Ispulov N. A., Kurmanov A. A., and Zhumabekov A. Zh. Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals// *Russian Physics Journal*, Vol. 64. – No. 8, December, 2021.-P.1391-1399.

5 Курманов А.А., Туяков Е.А. Роль и место межпредметных связей в подготовке студентов педагогического вуза // *Вестник ПГУ: Педагогическая серия*. № 3. Павлодар: Toraygyrov University, 2019. С.404.-414.

6 Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dossumbekov K.R. On nonclassical boundary conditions for the contact of thin interlayers with different physical and mechanical properties on wave propagation in anisotropic media//*Bulletin of the Karaganda University. «Physics» Series*. – № 3 (107). – 2022. – Pp. 68–79.

7 Pavlov I. P. Selected works. Publisher: Foreign Languages Publishing House. – Moscow, 1955. – 653 p.

8 Талызина Н. Ф. Теория поэтапного формирования умственных действий. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 345 с.

9 Нурумжанова К.А. Стратегия модернизации учебного процесса в сельской школе на основе развивающей эвристической технологии // *Интернет-журнал «Эйдос»*. – 2008. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://eidos.ru/doc/Eidos-Journal-Content.pdf> (дата обращения: 13.04.2023).

10 Tleykenov S. The structure of propagator matrix and its application in the case of the periodical inhomogeneous media. *Abstr. Semin. on Earthquake processes and their consequences Seismological investigations*. 1989. Kurukshetra, India. Pp. 2-4

#### References:

1 Prikaz Ministra prosveshhenija RK ot 16 sentjabrja 2022 goda № 399. Ob utverzhdenii tipovyh uchebnyh programm po obshheobrazovatel'nym predmetam i kursam po vyboru urovnej nachal'nogo, osnovnogo srednego i obshhego srednego obrazovaniya. Prilozheniya 112, 104, 106. [Order of the Minister of Education of the Republic of Kazakhstan dated September 16, 2022 No. 399. On approval of standard curricula for general education subjects and courses for choosing the levels of primary, basic secondary and general secondary education. Applications 112, 104, 106.]. [Jelektronnyj resurs]. 2022. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029767> (data obrashhenija: 01.12.2022). (In Russian).

2 Mambetakunov Je. (2015) *Didakticheskie funkicii mezhpredmetnyh svyazey v formirovanii u uchashhihsja estestvennonauchnyh ponjatij*. [Didactic functions of interdisciplinary connections in the formation of natural science concepts in students]. B: Universitet. 328 s. (In Russian).

3 Kurmanov A. A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N. and Dossumbekov K.R. (2021) Propagation of electromagnetic waves in stationary anisotropic media *Physica Scripta*. Volume 96. Number 8. IOP Publishing Ltd (In English)

4 Dossumbekov K. R., Ispulov N. A., Kurmanov A. A., and Zhumabekov A. Zh. (2021) Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals *Russian Physics Journal*, Vol. 64. – No. 8, December.-P.1391-1399. (In English)

5 Kurmanov A.A., Tujakov E.A. (2019) *Rol' i mesto mezhpredmetnyh svyazey v podgotovke studentov pedagogicheskogo vuza*. [The role and place of interdisciplinary connections in the preparation of students of a pedagogical university]. *Vestnik PGU: Pedagogicheskaja serija*. № 3. Pavlodar: Toraygyrov University, 2019. S. 404-414. (In Russian).

6 Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dossumbekov K.R. (2022) On nonclassical boundary conditions for the contact of thin interlayers with different physical and mechanical properties on wave propagation in anisotropic media//*Bulletin of the Karaganda University. «Physics» Series*. № 3 (107). Pp.68-79. (In English)

7 Pavlov I. P. (1955) *Selected works*. Publisher: Foreign Languages Publishing House. Moscow. 653 p. (In English)

8 Talyzina N. F. (1984) *Teorija pojetapnogo formirovaniya umstvennyh dejstvij*. [Theory of the gradual formation of mental actions]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta. 345 s. (In Russian).

9 Nurumzhanova K.A. (2008) *Strategija modernizacii uchebnogo processa v sel'skoj shkole na osnove razvivajushhej jevristical'eskoj tehnologii* [Strategy for modernization of the educational process in a rural school based on developing heuristic technology]. *Internet-zhurnal «Jejdos»*. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://eidos.ru/doc/Eidos-Journal-Content.pdf> (data obrashhenija: 13.04.2023). (In Russian).

10 Tleykenov S. (1989) *The structure of propagator matrix and its application in the case of the periodical inhomogeneous media*. *Abstr. Semin. on Earthquake processes and their consequences Seismological investigations*. Kurukshetra, India. P. 2-4. (In English)