

Academy

№ 4 (55), 2020

Российский импакт-фактор: 0,19

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор: Вальцев С.В.

Заместитель главного редактора: Ефимова А.В.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Подписано в печать:

07.04.2020

Дата выхода в свет:

09.04.2020

Формат 70x100/16.

Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс».

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9,75

Тираж 1 000 экз.

Заказ № 3179

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«Проблемы науки»

**Территория
распространения:
зарубежные страны,
Российская Федерация**

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по
надзору в сфере связи,
информационных
технологий и массовых
коммуникаций
(Роскомнадзор)
Свидетельство
ПИ № ФС77 - 62019
Издается с 2015 года

Свободная цена

Абдуллаев К.Н. (д-р филос. по экон., Азербайджанская Республика), *Алиева В.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Акбуллаев Н.Н.* (д-р экон. наук, Азербайджанская Республика), *Аликулов С.Р.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Ананьева Е.П.* (д-р филос. наук, Украина), *Асатурова А.В.* (канд. мед. наук, Россия), *Аскарходжаев Н.А.* (канд. биол. наук, Узбекистан), *Байтасов Р.Р.* (канд. с.-х. наук, Белоруссия), *Бакико И.В.* (канд. наук по физ. воспитанию и спорту, Украина), *Бахор Т.А.* (канд. филол. наук, Россия), *Баулина М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Боброва Н.А.* (д-р юрид. наук, Россия), *Богомолов А.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Бородай В.А.* (д-р социол. наук, Россия), *Волков А.Ю.* (д-р экон. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Гарагонич В.В.* (д-р ист. наук, Украина), *Глуценко А.Г.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Гринченко В.А.* (канд. техн. наук, Россия), *Губарева Т.И.* (канд. юрид. наук, Россия), *Гутникова А.В.* (канд. филол. наук, Украина), *Датий А.В.* (д-р мед. наук, Россия), *Демчук Н.И.* (канд. экон. наук, Украина), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дмитриева О.А.* (д-р филол. наук, Россия), *Доленко Г.Н.* (д-р хим. наук, Россия), *Есенова К.У.* (д-р филол. наук, Казахстан), *Жамулдинов В.Н.* (канд. юрид. наук, Казахстан), *Жолдошев С.Т.* (д-р мед. наук, Кыргызская Республика), *Зеленков М.Ю.* (д-р.полит.наук, канд. воен. наук, Россия), *Ибадов Р.М.* (д-р физ.-мат. наук, Узбекистан), *Ильинских Н.Н.* (д-р биол. наук, Россия), *Кайракбаев А.К.* (канд. физ.-мат. наук, Казахстан), *Кафтаева М.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Кикайдзе И.Д.* (д-р филол. наук, Грузия), *Клишков Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Кобланов Ж.Т.* (канд. филол. наук, Казахстан), *Ковалёв М.Н.* (канд. экон. наук, Белоруссия), *Кравцова Т.М.* (канд. психол. наук, Казахстан), *Кузьмин С.Б.* (д-р геогр. наук, Россия), *Куликова Э.Г.* (д-р филол. наук, Россия), *Курманбаева М.С.* (д-р биол. наук, Казахстан), *Курпаянц К.И.* (канд. экон. наук, Узбекистан), *Литькова-Даниельс Н.А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Лукиенко Л.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Макаров А.Н.* (д-р филол. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Мейманов Б.К.* (д-р экон. наук, Кыргызская Республика), *Мурадов Ш.О.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Мусаев Ф.А.* (д-р филос. наук, Узбекистан), *Набиев А.А.* (д-р наук по геонформ., Азербайджанская Республика), *Назаров Р.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Наумов В. А.* (д-р техн. наук, Россия), *Овчинников Ю.Д.* (канд. техн. наук, Россия), *Петров В.О.* (д-р искусствоведения, Россия), *Радкевич М.В.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Рахимбеков С.М.* (д-р техн. наук, Казахстан), *Розыходжаева Г.А.* (д-р мед. наук, Узбекистан), *Романенкова Ю.В.* (д-р искусствоведения, Украина), *Рубцова М.В.* (д-р социол. наук, Россия), *Румянцев Д.Е.* (д-р биол. наук, Россия), *Самков А. В.* (д-р техн. наук, Россия), *Саньков П.Н.* (канд. техн. наук, Украина), *Селитреникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Сибирцев В.А.* (д-р экон. наук, Россия), *Скрипко Т.А.* (д-р экон. наук, Украина), *Солов А.В.* (д-р ист. наук, Россия), *Стрекалов В.Н.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Стукаленко Н.М.* (д-р пед. наук, Казахстан), *Субачев Ю.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Сулейманов С.Ф.* (канд. мед. наук, Узбекистан), *Трезуб И.В.* (д-р экон. наук, канд. техн. наук, Россия), *Упоров И.В.* (канд. юрид. наук, д-р ист. наук, Россия), *Федоськина Л.А.* (канд. экон. наук, Россия), *Хитлухина Е.Г.* (д-р филос. наук, Россия), *Цуцурян С.В.* (канд. экон. наук, Республика Армения), *Чиладзе Г.Б.* (д-р юрид. наук, Грузия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия), *Шарилов М.С.* (канд. техн. наук, Узбекистан), *Шевко Д.Г.* (канд. техн. наук, Россия).

Содержание

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	4
<i>Dustova Sh.B., Rasulov T.H.</i> NUMBER AND LOCATION OF EIGENVALUES OF GENERALIZED FRIEDRICH'S MODEL WITH FINITE RANK PERTURBATIONS	4
<i>Kurbonov G.G., Rasulov T.H.</i> ESSENTIAL AND DISCRETE SPECTRUM OF THE THREE-PARTICLE MODEL OPERATOR HAVING TENSOR SUM FORM	8
<i>Мамуров Б.Ж., Бабакулова С.</i> ТЕОРЕМА СХОДИМОСТИ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СИММЕТРИЧНО ЗАВИСИМЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН	13
<i>Sharipov I.A., Rasulov T.H.</i> ESTIMATES FOR BOUNDS OF AN OPERATOR IN CUT SUBSPACE OF A FOCK SPACE	16
<i>Меражова Ш.Б., Нуриддинов Ж.З., Меражов Н.И., Хидиров У.Б.</i> МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ВОЛНЫ В СЛУЧАЕ $n = 2$ И $n = 3$	21
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	25
<i>Yuldasheva G.B., Huzhakhmedova H.S., Yuldasheva N.P.</i> USE OF NANOMATERIALS FOR RESTORATION OF RUBBING PARTS OF ENGINE	25
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ	27
<i>Isaev S.H., Safarova H.H.</i> SCIENTIFIC BASIS OF THE INFLUENCE OF BEAN CROPS ON SOIL PRODUCTIVITY	27
<i>Дустназарова С.А.</i> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	29
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	32
<i>Abdulloev A.J.</i> INNOVATIVE FACTORS FOR AGRICULTURE DEVELOPMENT	32
<i>Tairova M.M., Rakhmatullaeva F.M., Murotova N.U.</i> THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN ORGANIZATION AND MANAGEMENT IN TOURISM	34
<i>Khasanova G.D.</i> THE ROLE OF THE STATE IN THE FORMULATION OF INNOVATION STRATEGY IN INDUSTRIAL ENTERPRISES	36
<i>Madiyarov G.A., Madiyarov O.G., Matajanov J.</i> TYPES OF ADVERTISING IN SPHERE OF SERVICES	38
<i>Davronov I.O., Shadiyev A.Kh.</i> THE COST-EFFECTIVENESS OF IMPROVING THE QUALITY OF HOTEL SERVICES	40
<i>Гайнутдинова М.Т.</i> АУТСОРСИНГ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ: РЕАЛИИ И ТЕНДЕНЦИИ	42
ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	48
<i>Кушаков Ю.Х., Пазлетдинова Н.П.</i> ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСЫ В РАБОТЕ УЧИТЕЛЯ-ФИЛОЛОГА	48
<i>Ишанкулова Д.А.</i> ПРЕДПОСЫЛКИ К ПЕРСПЕКТИВЕ ПЕРЕВОДА И ИССЛЕДОВАНИЯ РУБАЙЯТА ОМАРА ХАЙЯМА В АНГЛИИ	50
<i>Toshpulatova N., Otamurodova M.</i> ONLINE VERSIONS OF LOCAL NEWSPAPERS IN UZBEKISTAN: PROBLEMS AND PROSPECTS	53
<i>Болтаева М.Ш., Тагаева Ф.Э.</i> О ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА СТУДЕНТАМ НАЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ВУЗОВ	55
<i>Яхшиева З., Даминов А.</i> ХУДОЖЕСТВЕННО-ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ И ОПИСАНИЕ В ОБЛАСТИ ЖАНРА ТЕТРАЛОГИИ	58

ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	61
<i>Михайлов М.В.</i> КОНТРОЛЬ ФССП НАД ЮРИДИЧЕСКИМИ ЛИЦАМИ, ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЗАНИМАЮЩИМИСЯ ВЗЫСКАНИЕМ ПРОСРОЧЕННОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ.....	61
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	65
<i>Mardanov F.Ya., Rasulov T.H.</i> ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE METHOD OF WORKING IN SMALL GROUPS IN TEACHING HIGHER MATHEMATICS	65
<i>Boboeva M.N., Rasulov T.H.</i> THE METHOD OF USING PROBLEMATIC EDUCATION IN TEACHING THEORY OF MATRIX TO STUDENTS	68
<i>Grigoryeva A.Yu., Ibragimova K.E.</i> DIALECTICAL THINKING IN THE GERMAN PHILOSOPHY OF CREATIVITY.....	71
<i>Boltaeva M.Sh.</i> STUDYING OF A PROPAEDEUTIC COURSE OF THE RUSSIAN LITERATURE IN A CONTEXT OF THE THEORY OF INTERCULTURAL COMMUNICATIONS.....	74
<i>Бобошев З.Н., Ярмухамедов Д.С.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ» В ВУЗЕ.....	76
МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ.....	78
<i>Шамсиев Ж.А., Атакулов Ж.А., Махмудов З.М.</i> ОСТРЫЙ ГЕМАТОГЕННЫЙ ОСТЕОМИЕЛИТ КОСТЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ДЕТЕЙ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ.....	78
<i>Орипова О.О., Самиева Г.У., Хамидова Ф.М., Нарзулаева У.Р.</i> СОСТОЯНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИМФОИДНЫХ КЛЕТОК СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ГОРТАНИ И ПРОЯВЛЕНИЯ МЕСТНОГО ИММУНИТЕТА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ЛАРИНГИТЕ (АНАЛИЗ СЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА).....	83
<i>Саттарова Д.Б., Усманходжаева А.А., Высогорцева О.Н., Аллаева М.Д., Мавлянова З.Ф.</i> ЭРГОТЕРАПИЯ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА.....	87
<i>Бахриев Н.Р., Каримова Н.А., Сабирова Д.Ш., Тогаева Г.С., Давранова А.Д.</i> ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ХГ В СИСТЕМЕ МАТЬ-ПЛАЦЕНТА-ПЛОД ПРИ РЕЗУСНЕСОВМЕСТИМОЙ БЕРЕМЕННОСТИ.....	93
<i>Бабажанов А.С., Тоиров А.С., Ахмедов А.И.</i> ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СОРБЦИОННОЙ ДЕТОКСИКАЦИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	96
<i>Vabajanov A.S., Toirov A.S., Akhmedov A.I.</i> TACTICS OF TREATMENT OF THYROID NODULES BASED ON THE GRADING SCALE.....	100
<i>Юлдошев Ж.А., Каримова М.Н.</i> КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БИЛАТЕРАЛЬНОГО МЕТАХРОННОГО РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....	104
<i>Юлдошев Ж.А., Каримова М.Н.</i> ЛИМФОГЕННОЕ МЕТАСТАЗИРОВАНИЕ ПОТОКОВОГО РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ МЕНСТРУАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ.....	107
<i>Ahmedov Yu.M., Yusupov Sh.A., Akhmedov I.Yu., Sadikov Z.Yu.</i> CHARACTERISTICS OF MEGAURETER RECONSTRUCTIVE-PLASTIC OPERATIONS IN CHILDREN	109
<i>Негматова Д.У., Зайниев С.С., Камариддинзода М.К.</i> ОРТОПЕДИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ	113

МЕТОДЫ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ВОЛНЫ В СЛУЧАЕ $n = 2$ И $n = 3$

Меражова Ш.Б.¹, Нуриддинов Ж.З.², Меражов Н.И.³, Хидиров У.Б.⁴

¹Меражова Шахло Бердиевна – старший преподаватель;

²Нуриддинов Жавлон Зафарович – старший преподаватель,
кафедра математики;

³Меражов Нурсаид Икром угли – студент;

⁴Хидиров Умиджон Бахронович – магистр,
физико-математический факультет,
Бухарский государственный университет,
г. Бухара, Республика Узбекистан

Аннотация: в этой статье показываем, какими способами можно решать задачи Коши, поставленные для уравнений волны. Студенты затрудняются при решении задач по уравнениям математической физики в многомерных случаях. Здесь мы рассматриваем способы решения задачи Коши для уравнения волны в двумерном и трехмерном случае, т.е., когда $n = 2$ и $n = 3$. Мы анализируем использование формулы Пуассона и Кирхгофа в разных случаях начально заданных функций, также эти формулы заданы в полярной и сферической системе соответственно. Показали использование формулы (4), заданной в этой статье. Можно использовать эти формулы при решении задачи Коши для уравнения волны.

Ключевые слова: уравнения с частными производными, уравнения волны, задача Коши, формула Пуассона, формула Кирхгофа, оператор Лапласа.

В этой статье показываем какими способами можно решать задачи Коши, поставленные для уравнений волны в случае $n = 2$ и $n = 3$ [1], [2], [3].

Из курса уравнения математической физики известно решение этих задач, представляемое в виде формул Пуассона и Кирхгофа соответственно.

Постановка задачи. Из класса $C^2(t > 0) \cap C^1(t \geq 0)$ надо найти такую функцию $u(x, t)$, которая при $t > 0$ удовлетворяет следующего уравнения волны;

$$u_{tt} = a^2 \Delta u + f(x, t)$$

и следующие начальные условия :

$$u|_{t=0} = u_0(x), u_t|_{t=0} = u_1(x),$$

где f, u_0, u_1 - заданные функции.

Эта задача называется классической задачей Коши для уравнения волны.

Решение задачи: Если для начально заданных функций выполняются следующие условия:

$$f \in C^1(t \geq 0), u_0 \in C^2(R^1), u_1 \in C^1(R^1), n=1;$$

$$f \in C^2(t \geq 0), u_0 \in C^3(R^n), u_1 \in C^2(R^n), n=2,3,$$

тогда существует притом единственное решение задачи Коши и решения определяются при помощи следующих формул:

при $n = 1$ формулой Даламбера;

$$u(x, t) = \frac{1}{2} [u_0(x + at) + u_0(x - at)] + \frac{1}{2a} \int_{x-at}^{x+at} u_1(\xi) d\xi + \frac{1}{2a} \int_0^t \int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)} f(\xi, \tau) d\xi d\tau. \quad (1)$$

при $n = 2$ формулой Пуассона:

$$u(x,t) = \frac{1}{2\pi a} \int_0^t \int_{|\xi-x|<a(t-\tau)} \frac{f(\xi,\tau)d\xi d\tau}{\sqrt{a^2(t-\tau)^2 - |\xi-x|^2}} + \frac{1}{2\pi a} \int_{|\xi-x|<a} \frac{u_1(\xi)d\xi}{\sqrt{a^2t^2 - |\xi-x|^2}} + \frac{1}{2\pi a} \frac{\partial}{\partial t} \int_{|\xi-x|<a} \frac{u_0(\xi)d\xi}{\sqrt{a^2t^2 - |\xi-x|^2}}. \quad (2)$$

при $n = 3$ формулой Кирхгофа:

$$u(x,t) = \frac{1}{4\pi a^2} \int_{|\xi-x|<a} \frac{1}{|\xi-x|} f\left(\xi, t - \frac{|\xi-x|}{a}\right) d\xi + \frac{1}{4\pi a^2 t} \int_{|\xi-x|=at} u_1(\xi) dS + \frac{1}{4\pi a^2} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{1}{t} \int_{|\xi-x|=at} u_0(\xi) dS \right]. \quad (3)$$

Иногда при решение задачи Коши можно воспользоваться следующей формулой, завися от заданных функций f, u_0, u_1 при $n \geq 2$:

$$u(x,t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left[\frac{t^{2k}}{(2k)!} a^{2k} \Delta^k u_0(x_1, \dots, x_n) + \frac{t^{2k+1}}{(2k+1)!} a^{2k} \Delta^k u_1(x_1, \dots, x_n) + \frac{a^{2k}}{(2k+1)!} \int_0^t (t-\tau)^{2k+1} \Delta^k f(x_1, \dots, x_n, \tau) d\tau \right] \quad (4)$$

где Δ - оператор Лапласа, который применяется на функции u_0, u_1, f соответственно $k = 0, 1, 2, \dots$ раз. Когда начально заданные функции многочлены, тогда лучше использовать формулу (4).

Пример: ([3]) Решите следующую задачу:

$$\begin{cases} u_{tt} = u_{xx} + u_{yy} + u_{zz} + ax + bt \\ u(x, y, z, 0) = xyz \\ u_t(x, y, z, 0) = xy + z \end{cases}$$

Решение: $u_0 = xyz$ применим оператор Δ столько раз, сколько нам нужно операторов: $\Delta^0 u_0 = u_0 = xyz$; $\Delta^1 u_0 = \Delta u_0(x, y, z) = u_{0,xx} + u_{0,yy} + u_{0,zz} = 0 + 0 + 0 = 0$. В следующих применениях оператора Лаплас получим ноль, поэтому здесь остановим применение.

Такие же вычисления выполняем для функций u_1, f : $\Delta^0 u_1 = u_1 = xy + z$;

$$\Delta^1 u_1 = \Delta^2 u_1 = \dots = 0; \quad \Delta^0 f = f = ax + bt; \quad \Delta^1 f = \Delta^2 f = \dots = 0.$$

Вычисления вставим в формулу (4) и в итоге получаем решение задачи Коши:

$$u(x, y, z, t) = xyz + t(xy + z) + \int_0^t (t-\tau)(ax + b\tau) d\tau = xyz + t(xy + z) + \frac{axt^2}{2} + \frac{bt^3}{6}.$$

При $n = 2$ и $n = 3$ для решение задачи Коши используем формулы Пуассона и Кирхгофа соответственно, но иногда для вычисление этих интегралов, лучше переход от Декартовой координатной системы в полярную и сферическую координатную систему. Поэтому приведём формулы Пуассона и Кирхгофа в полярной и сферической координатной системе соответственно:

Формула Пуассона:

$$u(x,t) = \frac{1}{2\pi a} \int_0^t \int_{|\xi-x|<a(t-\tau)} \frac{f(\xi,\tau)d\xi d\tau}{\sqrt{a^2(t-\tau)^2 - |\xi-x|^2}} + \frac{1}{2\pi a} \int_{|\xi-x|<a} \frac{u_1(\xi)d\xi}{\sqrt{a^2t^2 - |\xi-x|^2}} + \frac{1}{2\pi a} \frac{\partial}{\partial t} \int_{|\xi-x|<a} \frac{u_0(\xi)d\xi}{\sqrt{a^2t^2 - |\xi-x|^2}} = \frac{1}{2\pi a} \int_0^t \int_0^{a(t-\tau)} \int_0^{2\pi} \frac{f(x + \rho \cos \varphi, y + \rho \sin \varphi, \tau)}{\sqrt{a^2(t-\tau)^2 - \rho^2}} \rho d\varphi d\rho d\tau + \frac{1}{2\pi a} \int_0^{a^2 t} \int_0^{2\pi} \frac{u_1(x + \rho \cos \varphi, y + \rho \sin \varphi)}{\sqrt{a^2 t^2 - \rho^2}} \rho d\varphi d\rho + \frac{1}{2\pi a} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^{a^2 t} \int_0^{2\pi} \frac{u_0(x + \rho \cos \varphi, y + \rho \sin \varphi)}{\sqrt{a^2 t^2 - \rho^2}} \rho d\varphi d\rho.$$

Формула Кирхгофа:

$$\begin{aligned}
 u(x,t) &= \frac{1}{4\pi a^2} \int_{|\xi-x|<at} \frac{1}{|\xi-x|} f\left(\xi, t - \frac{|\xi-x|}{a}\right) d\xi + \frac{1}{4\pi a^2 t} \int_{|\xi-x|=at} u_1(\xi) dS + \frac{1}{4\pi a^2} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{1}{t} \int_{|\xi-x|=at} u_0(\xi) dS \right] = \\
 &= \frac{1}{4\pi a^2} \int_0^{at} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi f\left(x + \rho \cos \varphi \sin \theta, y + \rho \sin \varphi \sin \theta, z + \rho \cos \theta, t - \frac{\rho}{a}\right) \rho \sin \theta d\theta d\varphi d\rho + \\
 &+ \frac{1}{4\pi a^2} \int_0^{at} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi u_1(x + \rho \cos \varphi \sin \theta, y + \rho \sin \varphi \sin \theta, z + \rho \cos \theta) \rho^2 \sin \theta d\theta d\varphi d\rho + \\
 &+ \frac{1}{4\pi a^2} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{1}{t} \int_0^{at} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi u_0(x + \rho \cos \varphi \sin \theta, y + \rho \sin \varphi \sin \theta, z + \rho \cos \theta) \rho^2 \sin \theta d\theta d\varphi d\rho \right]
 \end{aligned}$$

С и с о л и т е а т ы

1. Годунов С.К. Уравнения математической физики. М. “Наука”, 1971.
2. Дурдиев Д.К. Дифференциальные уравнения с частными производными. Бухара. Изд. «Дурдона», 2019. 394 стр.
3. Меражова Ш.Б. Сборник задач по уравнениям математической физики. Бухара. Изд. «Зиё-Ризограф», 2007. 56 стр.
4. Меражова Ш.Б., Мардонова Ф.Я. О результативности преподавания предмета “Дифференциальные уравнения с частными производными” интерактивными методами. // “Педагогическое мастерство”, 2019. № 5. Стр. 131-133.
5. Меражова Ш.Б. Теорема об устойчивости разностной модели для первой краевой задачи поставленную в уравнение смешанного типа. // Ученый XXI века. № 5-3, 2018. 33-35.
6. Меражова Ш.Б. Решение дифференциальных уравнений методом последовательностей. // Молодой учёный, 2018. 15. ЧАСТЬ II. Стр. 5-7.
7. Нуриддинов Ж.З., Саидов У. Решение химических и биологических задач при помощи дифференциальных уравнений. Педагогическое мастерство. Бухоро, 2014. № 4. Стр. 88-91.
8. Нуриддинов Ж.З., Шомуродов Ф. Связь между дифференциальными и интегральными уравнениями. Научный вестник БухГУ, 2015. № 1. С. 19-21.
9. Расулов Т.Х., Нуриддинов Ж.З. Об одном методе решения линейных интегральных уравнений. Молодой учёный. Казань, 2015. № 10. Стр. 16-20.
10. Нуриддинов Ж.З. Система дифференциальных уравнений с частными производными с запаздывающим аргументом. Молодой ученый, 2016. № 12. Стр. 57-59.
11. Расулов Т.Х., Нуриддинов Ж.З. О методе решения линейных интегральных уравнений сведением к дифференциальным уравнениям в частных производных высшего порядка с запаздывающим аргументом. Молодой учёный. Казань, 2015. № 10. Стр. 21-24.
12. Нуриддинов Ж.З. Система обыкновенных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Молодой ученый, 2016. № 12. Стр. 55-57.
13. Нуриддинов Ж.З. Система дифференциальных уравнений с частными производными с запаздывающим аргументом. Молодой ученый, 2016. № 12. Стр. 57-59.
14. Нуриддинов Ж.З. Эквивалентная система интегральных уравнений для одной обратной задачи для интегро-дифференциального уравнения теплопроводности. Научный вестник БухГУ, 2019. № 4. Стр. 28-37.

15. *Nuriddinov J.Z.* The problem of determining the kernel of the integro-differential heat equation with a variable coefficient. *Uzbek Mathematical Journal*, 2020. № 1. P. 103.
16. *Алоев Р.Д., Меражова Ш.Б.* Исследование разностной краевой задачи для уравнения смешанного типа. *Научный вестник БухГУ*, 2003. № 4. Стр. 76-79.
17. *Салихов Ш.Н., Меражова Ш.Б.* Новый способ приведения в канонический вид дифференциальных уравнений с частными производными. *Научный вестник БухГУ*, 2008. № 3. стр. 90-93.
18. *Меражова Ш.Б.* Устойчивость разностной модели первой краевой задачи для уравнения смешанного типа. *Узб. Матем. журнал*, 2012. № 1. Стр. 11-15.