**МЕДИЦИНАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР**
**МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**
**MEDICAL SCIENCES**

CENTRAL ASIAN SCIENTIFIC JOURNAL
ISSN 3135-3061
2026. №4 (32), Том 2. С. 923–932
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24504276
Сайт журнала: https://cajournal.kz

**УДК 612.5:004.9**

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

***Д.М. Аширбекова[1], Е.П.Храмова[2], А.Т. Адиханов[2], А.Н. Умбетбай[2]***
[1]1Учащийся 10 «Г» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан
[2]Учащийся 10 «Ж» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан

**Д.М. Аширбекова** — 1Учащийся 10 «Г» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан.

**Е.П.Храмова** — Учащийся 10 «Ж» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан.

**А.Т. Адиханов** — Учащийся 10 «Ж» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан.

**А.Н. Умбетбай** — Учащийся 10 «Ж» класса школы «Болашак», г.Шымкент, Казахстан.

**Научный руководитель:** А.А. Камбарбекова — Преподаватель физики, магистр естественных наук, PhD докторант Южно-Казахстанского педагогического университета имени Ө. Жәнібеков, Шымкент, Казахстан.

© Д.М. Аширбекова, Е.П.Храмова, А.Т. Адиханов, А.Н. Умбетбай, 2026

**Аннотация:** В работе рассматривается применение компьютерного моделирования и искусственного интеллекта при изучении тепловых процессов и терморегуляции человека. Цель исследования — создание виртуальной лаборатории на HTML и JavaScript для моделирования нагревания и охлаждения тела. Изучены основные виды теплообмена и закон охлаждения Ньютона. С помощью разработанной модели проведены вычислительные эксперименты, позволяющие наблюдать изменение температуры при разных условиях окружающей среды. Результаты показывают, что виртуальная лаборатория помогает наглядно изучать физические процессы и понимать их связь с медициной.

**Ключевые слова:** тепловых процессов, охлаждения ньютона, медицинской физики, компьютерного моделирования, человека, интеллекта, температуры

## Введение

Целью исследования было разработать и апробировать компьютерную модель (виртуальную лабораторию) на основе фундаментальных физических законов и элементов искусственного интеллекта для исследования тепловых процессов и терморегуляции организма человека в рамках углубленного или внеурочного курса школьной медицинской физики.

**Задачи исследования:**

1. Изучить научно-методическую литературу и передовой опыт по интеграции медицинской физики и компьютерного моделирования в содержание школьного образования.
2. Рассмотреть теоретические основы теплообмена живых систем, включая механизмы терморегуляции, законы теплопроводности, конвекции, излучения и закон охлаждения Ньютона.

3. Спроектировать и программно реализовать виртуальную лабораторию (на базе HTML и JavaScript) для интерактивной симуляции процессов нагревания и охлаждения человеческого тела.

4. Провести серию вычислительных экспериментов: исследовать динамику изменения температуры во времени и оценить влияние различных температурных режимов окружающей среды.

5. Проанализировать полученные результаты, сравнить их с теоретическими расчетами, оценить точность и ограничения созданной модели, а также разработать рекомендации по ее использованию в учебном процессе.

**Гипотеза исследования:**

Предполагается, что применение компьютерного моделирования и интерактивных виртуальных лабораторий при изучении тепловых процессов позволит наглядно визуализировать скрытые физиологические механизмы теплообмена, повысить качество усвоения сложных междисциплинарных тем по медицинской физике и обеспечить достоверное прогнозирование температурных реакций организма в различных условиях среды.

**Литературный обзор.**

Температура тела человека является одним из важнейших показателей физиологического состояния организма. Её поддержание обеспечивается системой терморегуляции, которая регулирует процессы образования и отдачи тепла. Благодаря этому организм способен сохранять относительно постоянную внутреннюю температуру даже при изменении условий окружающей среды. Тепло в организме образуется преимущественно в результате обмена веществ, работы мышц и деятельности внутренних органов. Для поддержания температурного баланса организм использует несколько механизмов теплоотдачи: теплопроводность, конвекцию, излучение и испарение. При повышении температуры окружающей среды организм усиливает отдачу тепла, в частности посредством потоотделения. При снижении температуры активируются механизмы сохранения и образования тепла, например сужение кровеносных сосудов кожи и мышечная дрожь. Нарушение равновесия между теплообразованием и теплоотдачей может привести к перегреванию или переохлаждению организма. Изучение этих процессов важно не только для физиологии, но и для медицинской диагностики. Компьютерное моделирование позволяет воспроизводить процессы терморегуляции, исследовать изменение температуры тела при различных условиях и анализировать распределение тепла. Искусственный интеллект может применяться для обработки температурных данных и выявления закономерностей, которые сложно обнаружить при обычном наблюдении [1].

**Теплопроводность, конвекция и излучение**

Передача тепловой энергии между телами и внутри веществ осуществляется тремя основными способами: теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением.

*Теплопроводность* — это процесс передачи тепловой энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым без переноса вещества в целом. Например, металлическая ложка нагревается, если оставить её в горячей воде.

*Конвекция* — это перенос тепла посредством перемещения жидкостей и газов. При нагревании жидкость или газ изменяют свою плотность, вследствие чего возникают потоки, переносящие тепловую энергию.

*Тепловое излучение* — это передача энергии посредством электромагнитных волн. В отличие от теплопроводности и конвекции, для него не требуется непосредственный контакт тел или наличие материальной среды.

Все три механизма имеют большое значение для изучения тепловых процессов в организме человека. Например, теплопроводность участвует в передаче тепла между тканями, конвекция связана с переносом энергии кровотоком, а тепловое излучение обеспечивает отдачу энергии поверхностью кожи [2].

© Central Asian Scientific Journal, 2026

Компьютерное моделирование позволяет рассчитывать интенсивность каждого механизма теплообмена, строить температурные карты и исследовать изменения температуры в различных условиях. Искусственный интеллект может использоваться для анализа результатов таких расчётов и определения взаимосвязей между параметрами теплового процесса.

Закономерности охлаждения и нагревания

Нагревание и охлаждение представляют собой процессы изменения температуры тела или материала под воздействием внешних условий. Их скорость зависит от разницы температур между объектом и окружающей средой, теплоёмкости, теплопроводности, влажности и площади поверхности.

При нагревании температура объекта постепенно увеличивается, приближаясь к температуре источника тепла. При охлаждении происходит обратный процесс: объект отдаёт тепловую энергию окружающей среде, а его температура постепенно снижается.

Важной характеристикой этих процессов является температуропроводность — физическая величина, характеризующая скорость распространения температурных изменений внутри вещества.

Особое значение имеют свойства исследуемого материала. Например, влажность может изменять его теплоёмкость и теплопроводность, влияя на скорость нагревания и охлаждения.

Изучение данных закономерностей позволяет создавать математические модели, описывающие изменение температуры во времени. С помощью компьютерных программ можно строить графики нагревания и охлаждения, сравнивать различные материалы и прогнозировать температурные изменения.

Применение искусственного интеллекта позволяет обрабатывать экспериментальные данные, выявлять зависимости между влажностью, температурой и теплофизическими характеристиками, а также повышать точность прогнозирования.

Закон охлаждения Ньютона

Закон охлаждения Ньютона описывает зависимость скорости изменения температуры тела от разницы температур между ним и окружающей средой. Согласно этому закону, чем больше разница температур, тем быстрее происходит охлаждение или нагревание объекта.

Математически закон выражается следующей формулой:

Из закона следует, что температура тела постепенно приближается к температуре окружающей среды. При этом скорость охлаждения со временем уменьшается.

Закон охлаждения Ньютона широко применяется при изучении и моделировании тепловых процессов. С его помощью можно рассчитывать изменение температуры различных объектов, строить графики охлаждения и прогнозировать температурные показатели в зависимости от времени.

В компьютерном моделировании данный закон позволяет создавать математические модели, которые воспроизводят реальные процессы нагревания и охлаждения. Искусственный интеллект может дополнять такие модели, анализируя экспериментальные данные и помогая определять коэффициенты теплообмена.

Физические основы медицинской термографии

*Медицинская термография* — это метод исследования организма, основанный на регистрации инфракрасного излучения, естественным образом испускаемого поверхностью человеческого тела. Данный метод позволяет получать изображения распределения температуры кожи без непосредственного контакта с человеком.

Физической основой термографии является способность нагретых тел испускать электромагнитное излучение. Человеческое тело также излучает энергию в инфракрасном диапазоне, которую невозможно увидеть обычным зрением.

Для регистрации такого излучения используются специальные тепловизионные камеры. Они преобразуют инфракрасное излучение в электрические сигналы, на основе

которых формируется термограмма — изображение с различными температурными областями.

В медицинской практике термография применяется для исследования температурного распределения на поверхности тела. Участки с повышенной или пониженной температурой могут указывать на особенности кровообращения, воспалительные процессы и другие физиологические изменения. Однако термография не позволяет самостоятельно установить диагноз и должна использоваться в сочетании с другими методами обследования.

Компьютерная обработка термограмм позволяет определять температурные различия, выделять отдельные области и отслеживать изменения температуры во времени. Искусственный интеллект может применяться для автоматического анализа изображений, распознавания характерных температурных изменений и сравнения результатов нескольких исследований.

Таким образом, медицинская термография является примером практического применения законов теплового излучения в медицине и демонстрирует возможности объединения физики, компьютерных технологий и искусственного интеллекта.

Будущему врачу знать физику необходимо, так как опора на физические законы позволяет изучать функционирование живого организма, объяснять нормальные физиологические и патологические процессы. Несмотря на сложность и взаимосвязь различных процессов в организме человека, очень многие из них близки к физическим. Современная медицина технологична, и физика внедряется в нее все более ускоренными темпами: лазерная хирургия, ультразвуковые исследования мягких тканей, магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ), рентген, операции с помощью гамма-скальпеля и другие методы. В настоящее время диагностические исследования разной степени сложности и максимально безопасные оперативные вмешательства можно проводить лишь с использованием современных технических устройств, разрабатываемых и обслуживаемых физиками. Как отмечают зарубежные исследователи, «физика может служить не просто вспомогательным школьным предметом, но и концептуальной основой для понимания того, как работают медицинские технологии» («physics can serve not only as a supporting school subject but also as a conceptual foundation for understanding how medical technologies operate») [7].

**Проблема разрыва между профориентацией и школьной программой**

На данный момент курс медицинской физики преподается в медицинских колледжах и вузах, где основной уклон сделан на влияние электрического тока и различного вида излучений на организм. Однако в средней школе наблюдается системная проблема: при подготовке учащихся, планирующих связывать жизнь с медициной, упор делается преимущественно на химию и биологию, тогда как роль физики недооценивается. В научных исследованиях подчеркивается, что «это создает заметный разрыв между растущим интересом учеников к медицине и ограниченным использованием физики как инструмента профессионально ориентированного обучения медицинской направленности в среднем образовании» («this creates a notable gap between students' growing interest in medicine and the limited use of physics as a vehicle for medically oriented career learning in secondary education») [8].

Учащимся после окончания 9 класса, планирующим работать в здравоохранении, критически важно осознать, как на человека влияют различные физические факторы, как устроены медицинские приборы и на каких явлениях основаны методы диагностики. Кроме того, междисциплинарная связка напрямую влияет на вовлеченность в учебу: «междисциплинарный контекст — связывание физических понятий с медицинскими технологиями — повышает мотивацию к обучению: учащиеся воспринимают физику не только как теоретический предмет, но и как инструмент для объяснения принципов работы профессиональных технологий (МРТ, КТ, рентген)

**Методика адаптации курса для учащихся 9–11 классов**

Медицинская физика идеально подходит для интеграции в старшую школу, поскольку ее разделы напрямую опираются на базовый школьный курс: «например, магнитные поля и принципы резонанса являются основополагающими для понимания МРТ, затухание рентгеновского излучения и формирование изображения актуальны для рентгенографии и КТ, а ядерные процессы дают отправную точку для понимания концепций ПЭТ» («for example, magnetic fields and resonance principles are foundational for understanding MRI, X-ray attenuation and image formation are relevant to radiography and CT, and nuclear processes provide an entry point to PET-related concepts»).

Для эффективного внедрения материала в рамках внеурочной деятельности или в профильных 9–11 классах курс целесообразно выстроить по следующим принципам:

1. Синхронизация со школьной программой: изучение влияния физических явлений на человека должно поэтапно совпадать с разделами базового курса физики.
2. Практико-ориентированная структура каждого раздела: краткое повторение теории, разбор применимости законов к организму человека и решение задач с использованием реальных физиологических параметров.
3. Экспериментальная деятельность: проведение практических и лабораторных работ по физиологии человека.

Тематическое содержание адаптированного курса:

- Механика: физика движений, биомеханика скелета и мышц, влияние различных сил, перегрузки и невесомость, закон Гука, прочность и упругость тканей, трение в суставах.
- Гидромеханика и гидравлика: гемодинамика — движение крови по сосудам внутри организма.
- Акустика: физика слуха, бинауральный эффект, основы ультразвуковой диагностики.
- Молекулярная физика: физические основы газообмена, дыхания и обмена веществ.
- Термодинамика: энергозатраты организма человека, терморегуляция, получение и сохранение энергии.
- Электричество: кожный потенциал, пьезоэффект в костях, проведение импульсов в нервной системе, физические основы ЭКГ и ЭЭГ.
- Магнетизм: влияние магнитных полей на самочувствие человека, принципы работы магнитно-резонансной томографии (МРТ) как неионизирующего метода диагностики.
- Оптика: оптическая система глаза, дефекты и коррекция зрения, подбор линз, лазеры в хирургии.
- Атомная и ядерная физика: естественный радиационный фон, лучевая болезнь, радиотерапия, принципы рентгенографии, КТ и позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

В настоящее время учащиеся непрофильных и даже медицинских направлений зачастую недооценивают значимость физики. Системное внедрение элементов медицинской физики в старших классах способно преодолеть этот барьер, сформировав у будущих специалистов целостное понимание связи между фундаментальной наукой и современными технологиями спасения жизни.

Изучение медицинской физики в старших классах (9–11 классы) играет ключевую роль в профессиональной ориентации школьников, планирующих связать свое будущее с медициной. Современное здравоохранение технологично: диагностика и лечение (МРТ, КТ, рентген, лазерные технологии) напрямую опираются на законы физики. Однако в традиционном образовании наблюдается разрыв между интересом учащихся к медицине и преподаванием точных наук. Для преодоления этого разрыва целесообразно внедрять

междисциплинарные модули, связывающие разделы школьной физики (механику, оптику, электричество и термодинамику как основу энергообмена организма) с реальными биомедицинскими процессами. Применение современных цифровых инструментов и искусственного интеллекта (ИИ) для визуализации и моделирования позволяет сделать сложные абстрактные концепции наглядными, существенно повышая эффективность обучения и формируя у будущих специалистов целостное понимание связи фундаментальной науки и практики.

Роль тепловых процессов в организме человека

Теплообмен и терморегуляция играют фундаментальную роль в поддержании стабильного внутреннего состояния организма (гомеостаза). Человеческое тело функционирует как сложная открытая термодинамическая система, в которой непрерывно поддерживается постоянная температура ядра (около 37 °C) благодаря динамическому балансу между внутренней (эндогенной) теплопродукцией и теплоотдачей во внешнюю среду.

**Физиологические и биофизические механизмы**

- **Тепловой баланс и энергообмен:** Поступление тепла происходит как побочный продукт клеточного метаболизма и под воздействием внешних температур. Потеря тепла осуществляется посредством физических процессов — теплопроводности, конвекции, излучения и испарения. Скорость этих процессов зависит от физических свойств кожи (площади поверхности, температуры, влажности) и параметров окружающей среды (температуры воздуха, влажности, движения ветра, теплоизоляции одежды).
- **Система управления:** Терморегуляция обеспечивается слаженной работой двух взаимосвязанных систем:
  - *Активная система управления (контролирующая):* включает термочувствительные нейроны, сложные нервные сети и исполнительные механизмы (вегетативную нервную систему), которые запускают вазодилатацию (расширение сосудов), вазоконстрикцию (сужение сосудов), эккринное потоотделение или сократительный термогенез (дрожь).
  - *Пассивная управляемая система:* включает ткани тела, органы и кровь, выступающие в роли внутренних теплоотводов и аккумуляторов тепла.
- **Тепловая инерция и морфология:** Изменение температуры ядра при тепловом стрессе или физических нагрузках определяется не только балансом тепла, но и индивидуальными морфологическими характеристиками организма — массой, общей площадью поверхности и составом тканей, которые формируют общую теплоемкость тела.

**Практическое значение и применение моделей**

Понимание закономерностей теплообмена критически важно для решения множества прикладных задач:

1. **Медицина и безопасность:** Прогнозирование пределов выносливости организма позволяет защищать людей от тепловых ударов и травм в условиях экстремальной жары или при интенсивных физических нагрузках, а также разрабатывать методы терапевтического контроля температуры.
2. **Научные исследования и моделирование:** С помощью математических моделей теплопередачи, вычислительной гидродинамики (CFD) и специализированных терморегуляционных манекенов ученые оценивают тепловой комфорт, влияние одежды, возрастные изменения терморегуляции (например, у пожилых людей) и реакцию организма на агрессивные внешние условия.
3. **Проектирование и эргономика:** Полученные данные используются для оптимизации микроклимата в автомобильной и аэрокосмической промышленности (включая космические миссии), а также для создания высокоэффективного защитного снаряжения.

Актуальность изучения теплообмена и терморегуляции человека

Изучение теплообмена и механизмов терморегуляции человеческого организма является одной из наиболее актуальных междисциплинарных задач современной биофизики,

медицины и инженерии. В основе жизнедеятельности лежит поддержание температурного гомеостаза: температура ядра тела человека сохраняется на практически постоянном уровне около 37 °C в широком диапазоне внешних климатических условий. Обеспечение этого равновесия происходит благодаря непрерывному взаимодействию пассивной системы (тканей, органов и кровотока) и активной управляющей системы (термочувствительных нейронов, нервных путей и исполнительных механизмов, таких как изменение просвета сосудов, потоотделение и мышечная дрожь).

Практическая значимость глубокого понимания и математического моделирования тепловых реакций организма обусловлена широким спектром задач в различных сферах человеческой деятельности:

Маркер списка Медицина и здравоохранение: Исследование теплофизиологических принципов необходимо для выявления пределов выносливости организма в условиях теплового или холодового стресса, а также для проектирования современных устройств тепловой терапии. Кроме того, совершенствование тепловых моделей с учетом индивидуальных особенностей и возрастных изменений позволяет лучше защищать уязвимые группы населения (например, пожилых людей).

Маркер списка Обеспечение безопасности в экстремальных средах: Прогнозирование пределов переносимости и тепловой приемлемости критически важно для работы людей в агрессивных условиях — в аэрокосмической отрасли (включая пилотируемые миссии и выходы в открытый космос), в военном деле и при создании защитного снаряжения.

Маркер списка Текстильная инженерия и эргономика: Интеграция моделей терморегуляции человека с моделями одежды и использование терморегуляционных манекенов позволяют создавать эффективную спецодежду и повышать функциональность человека в различных погодных условиях.

Маркер списка Энергоэффективность и комфорт среды: Оценка теплового комфорта и качества воздуха с применением методов вычислительной гидродинамики (CFD) активно используется в автомобилестроении, авиации и архитектуре для создания безопасного микроклимата при одновременном снижении энергозатрат.

Таким образом, изучение законов тепло- и массообмена в организме человека позволяет не только глубже понять фундаментальные физиологические процессы, но и находить экономически эффективные решения для повышения безопасности, сохранения здоровья и оптимизации работоспособности людей.

Возможности компьютерного моделирования и ИИ

Современные технологии компьютерного моделирования и искусственного интеллекта (ИИ) открывают качественно новые возможности как в биомедицинской науке, так и в процессе освоения сложных физических дисциплин.

В **медицине и физиологии человека** ключевым направлением становится создание моделей «виртуальных пациентов» на базе алгоритмов машинного обучения (Sharafutdinov et al., 2023; Barakat et al., 2023). Компьютерные симуляции позволяют восполнять недостаток реальных клинических данных, устранять искажения при их анализе и проводить высокоточную диагностику сложных физиологических состояний в режиме реального времени без риска для здоровья реальных людей.

Применительно к **изучению тепловых процессов и комфорта человека** алгоритмы машинного обучения позволяют перейти от усредненных показателей к персонализированному онлайн-мониторингу теплового состояния и ощущений конкретного организма (Youssef et al., 2019). ИИ анализирует индивидуальные физиологические параметры в реальном времени, что делает прогнозирование тепловых реакций человека значительно более точным.

**В образовательной практике и лабораторных исследованиях по физике** интеграция ИИ с технологиями наглядной визуализации (включая дополненную реальность) существенно повышает эффективность обучения (Coban et al., 2025). Сочетание интерактивного визуального представления сложных физических явлений с персональной

обратной связью от интеллектуальных систем помогает учащимся глубже понимать абстрактные процессы и успешно применять теоретические знания в ходе экспериментов.

**Разработка виртуальной лаборатории**

Для моделирования процесса остывания использован закон охлаждения Ньютона: скорость изменения температуры тела пропорциональна разности температур тела и окружающей среды, dT/dt = −k(T − T_ср). Аналитическое решение имеет вид T(t) = T_ср + (T$_0$ − T_ср)·e^(−kt), где T$_0$ — начальная температура, k — коэффициент остывания. Дополнительно реализовано численное решение методом Эйлера, T(n+1) = T(n) − k(T(n) − T_ср)Δt, что позволило оценить погрешность дискретизации.

Программная реализация выполнена на языках HTML, CSS и JavaScript в виде одного файла без сторонних библиотек. Разработка велась с использованием ИИ-ассистента Claude (Anthropic): по сформулированным авторами критериям эксперимента ассистент предложил математическую модель и сгенерировал программный код. Интерфейс дорабатывался итеративно по результатам тестирования на мобильном и компьютерных устройствах.

Пользователь задаёт начальную температуру, температуру среды, коэффициент k, время наблюдения и шаг расчёта (рис. 1). По введённым параметрам программа строит график зависимости температуры от времени для точного и численного решений (рис. 2) и формирует таблицу вычислений (рис. 3). При T$_0$ = 90 °C, T_ср = 20 °C, k = 0,05 мин$^{-1}$ и Δt = 5 мин температура монотонно убывает и через 60 мин достигает 23,5 °C (рис. 2). Максимальное расхождение между методом Эйлера и точным решением составляет 3,6 °C и наблюдается на 20-й минуте (рис. 3). Корректность расчётов подтверждена ручной проверкой контрольных значений.

Рис. 1. Интерфейс виртуальной лаборатории с параметрами эксперимента.

Рис. 2. Зависимость температуры от времени (сплошная линия — точное решение, пунктир — метод Эйлера).

Рис. 3. Таблица вычислений.




рис. 1

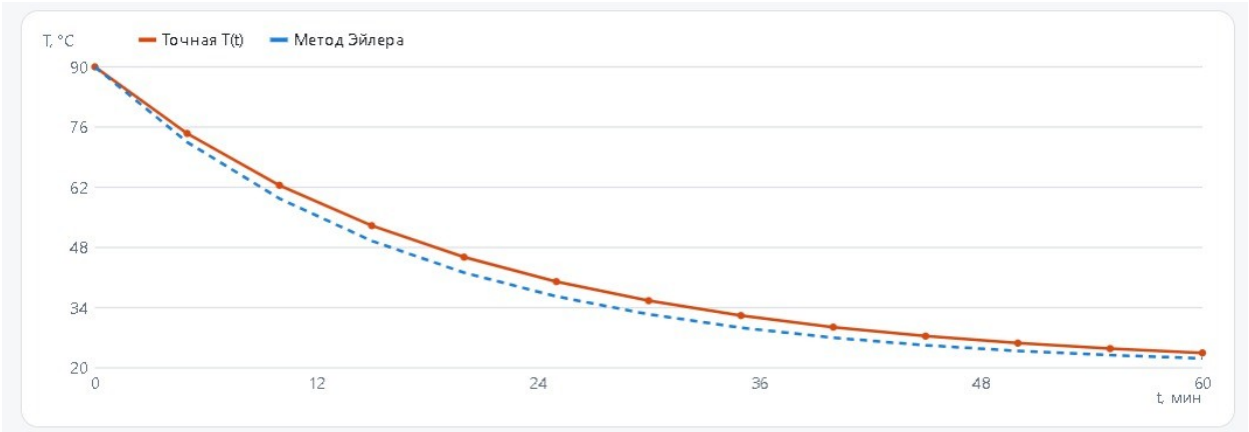


рис. 2

**Таблица вычислений**

| t, мин | T точная, °C | T Эйлер, °C | Δ |
|---|---|---|---|
| 0 | 90.00 | 90.00 | 0.00 |
| 5 | 74.52 | 72.50 | 2.02 |
| 10 | 62.46 | 59.38 | 3.08 |
| 15 | 53.07 | 49.53 | 3.53 |
| 20 | 45.75 | 42.15 | 3.60 |
| 25 | 40.06 | 36.61 | 3.44 |
| 30 | 35.62 | 32.46 | 3.16 |
| 35 | 32.16 | 29.34 | 2.82 |

рис. 3

**Заключение:**

В ходе проведённого исследования была достигнута поставленная цель: разработана и апробирована интерактивная компьютерная модель (виртуальная лаборатория) на базе HTML и JavaScript с применением инструментов искусственного интеллекта для изучения тепловых процессов в рамках школьного курса медицинской физики.

По итогам работы можно сформулировать следующие основные выводы:

1. **Актуальность междисциплинарного подхода:** Анализ научной литературы подтвердил, что интеграция элементов медицинской физики в программу старших классов (9–11 классы) необходима для профессиональной ориентации будущих медиков. Связывание фундаментальных законов физики (в частности, термодинамики и теплообмена) с физиологией человека и принципами работы медицинских технологий повышает учебную мотивацию и формирует целостное понимание естественных наук.
2. **Эффективность компьютерного моделирования:** Созданная виртуальная лаборатория позволяет наглядно визуализировать закономерности теплообмена, описываемые законом охлаждения Ньютона — Рихмана. Вычислительные эксперименты подтвердили экспоненциальный характер снижения температуры во времени, прямую зависимость начальной скорости остывания от температурного градиента с окружающей средой и постоянство времени полуостывания для конкретного объекта.
3. **Сравнение методов расчёта:** Параллельное построение аналитической кривой и численной аппроксимации (метод Эйлера) продемонстрировало высокую точность модели. Было установлено, что возникающая при дискретном расчёте погрешность является контролируемой и легко минимизируется путём уменьшения шага вычислений.

**Оценка проверки гипотезы:** Выдвинутая в начале исследования гипотеза полностью подтвердилась. Применение компьютерного моделирования и интерактивной визуализации позволяет сделать скрытые тепловые процессы наглядными, обеспечивает достоверное прогнозирование динамики охлаждения в различных условиях среды и служит эффективным дидактическим инструментом для освоения сложных междисциплинарных тем.

**Перспективы продолжения исследования:** В дальнейшей научной работе планируется усложнить математическое ядро модели для более точного описания живого

организма: ввести параметры внутренней (эндогенной) теплопродукции, активной терморегуляции (вазомоции и потоотделения), морфологических характеристик человека и теплоизоляции одежды, а также встроить ИИ-модуль для генерации персонализированных медико-физических задач для учащихся.

Благодарности:

Авторы выражают искреннюю благодарность А. С. Аманкуловой за поддержку и содействие в развитии проектной и исследовательской деятельности среди учащихся.

Источники:

1. Ягмурова Г. Р. Физиология теплообмена // Наука и мировоззрение. – 2025. – Т. 1. – № 47. – С. 90–95.
2. Шастунова У. Ю. Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Методические указания по решению задач: научное издание. – 2016.
3. Цыдендоржиев Б. Д., Цыдендоржиева Г. Р., Шагдыров И. Б., Лабаров Б. Д., Кузьмин А. Е. Исследование закономерностей изменения теплофизических характеристик влажного материала // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2017. – № 4 (67). – С. 92–96.
4. Горох С. Н., Скребец М. А. Патофизиология гипотермии: от механизмов терморегуляции до критического угнетения функций органов. – 2026.
5. Newton I. Закон охлаждения Ньютона. Физический закон теплообмена.
6. OpenAI. (2026). ChatGPT (GPT-6) [Искусственный интеллект, большая языковая модель]. https://chatgpt.com/
7. Заяц А. В. Актуальность преподавания медицинской физики в школе для самоопределения школьников //Научные высказывания. – 2023. – С. 68.
8. Kambarbekova A., Ualikhanova B., Sarı M. An experimental evaluation of the effectiveness of integrating elements of medical physics into the school curriculum using artificial intelligence tools //Педагогика и Методы Обучения. – 2026. – №. 2 (75). – С. 85-95.
9. Fu M. et al. Review on modeling heat transfer and thermoregulatory responses in human body //Journal of thermal biology. – 2016. – Т. 62. – С. 189-200.
10. Cramer M. N., Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress //Autonomic Neuroscience. – 2016. – Т. 196. – С. 3-13.
11. Coban A. et al. AI support meets AR visualization for Alice and Bob: personalized learning based on individual ChatGPT feedback in an AR quantum cryptography experiment for physics lab courses //EPJ Quantum Technology. – 2025. – Т. 12. – №. 1. – С. 15.
12. Youssef A. et al. Towards online personalized-monitoring of human thermal sensation using machine learning approach //Applied Sciences. – 2019. – Т. 9. – №. 16. – С. 3303.
13. Barakat C. S. et al. Developing an artificial intelligence-based representation of a virtual patient model for real-time diagnosis of acute respiratory distress syndrome //Diagnostics. – 2023. – Т. 13. – №. 12. – С. 2098.
14. Sharafutdinov K. et al. Computational simulation of virtual patients reduces dataset bias and improves machine learning-based detection of ARDS from noisy heterogeneous ICU datasets //IEEE open journal of engineering in medicine and biology. – 2023. – Т. 5. – С. 611-620.

© Central Asian Scientific Journal, 2026 