

## Уважаемые читатели!

Подписка на электронные версии журналов не дает подписчику права на их дальнейшее распространение без письменного согласия правообладателя. Любое распространение подписчиками электронной версии запрещается. ООО «Школьная Пресса» является правообладателем всех редакционных материалов, опубликованных в печатных СМИ и (или) размещенных в интернет-проектах соответствующих СМИ, кроме материалов, в содержании которых имеется ссылка на другого правообладателя. Продолжив работу с электронной версией, вы тем самым соглашаетесь с вышеизложенным.



научно-методический журнал

ISSN 0130-5522

**7** 2023

# **ФИЗИКА В ШКОЛЕ**

**Об историческом значении научной школы  
В.Г. Разумовского**

**На пути к открытию закона преломления света  
(моделирование опыта Клавдия Птолемея)**

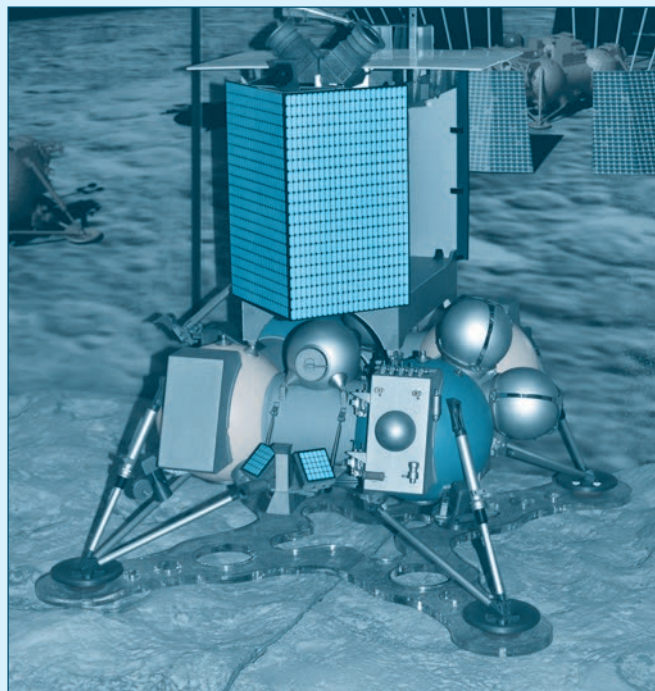
**Раздел «Астрономия»**

**Понятие проблемы космического мусора  
в школьной программе**

**НЕ  
ЗАБУДЬТЕ  
ПОДПИСАТЬСЯ  
НА ЖУРНАЛ  
ПО КАТАЛОГУ  
«ПОЧТА  
РОССИИ»!**



# Миссия «Луна-25»



«Луна-25» — автоматическая межпланетная станция, часть российской лунной программы, первое российское лунное задание, осуществляемое в НПО имени С.А. Лавочкина по исследованию и практическому использованию Луны и окололунного пространства автоматическими межпланетными станциями.

Предполагалось, что посадочный аппарат должен был исследовать поверхность в районе Южного полюса, в том числе криогенным бурением до глубины двух метров (основная задача — поиск воды).



Карта распределения воды по данным прибора ЛЕНД (ИКИ РАН) с 2009 по 2018 гг.



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С МАЯ 1934 г.

# ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — ООО «Школьная Пресса». Журнал выходит 8 раз в год

## ВЫДАЮЩИЕСЯ ДОСТИЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ (OUTSTANDING ACHIEVEMENTS OF PHYSICS TEACHING METHODS)

- **Ю.А. Сауров, Г.Г. Никифоров**  
Об историческом значении научной школы В.Г. Разумовского  
(к 80-летию юбилею РАО) . . . . . 3

## СТРАНИЧКИ ИСТОРИИ (HISTORY PAGES)

- **Ю.С. Романова**  
Прообраз кейс-задач на уроках физики XX века . . . . . 11

## МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ (METHODOLOGY. EXCHANGE OF EXPERIENCE)

- **Ю.А. Сауров, М.П. Уварова**  
О процессе решения простой учебной физической задачи . . . . . 16
- **Н.А. Антонова**  
Возможности технопарка универсальных педагогических компетенций  
при обучении физике . . . . . 20

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ (PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES)

- **А.Ю. Милинский**  
Зачем пчелам знать физику, и причем тут экология? . . . . . 28

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (INFORMATION TECHNOLOGIES)

- **Б.А. Мукушев**  
Компьютерная визуализация движения тела посредством пакета  
прикладных программ MathCAD . . . . . 33

## ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ (PROFILE TRAINING)

- **А.Н. Тимофеев**  
Цветовые оттенки и их природная обусловленность. . . . . 41

## ЭКСПЕРИМЕНТ (EXPERIMENT)

- ▶ **Ю.В. Масленникова, М.А. Фаддеев**  
На пути к открытию закона преломления света  
(моделирование опыта Клавдия Птолемея). . . . . 47
- ▶ **В.В. Акопов, Т.В. Кудалева**  
Еще раз о весе воздуха . . . . . 54

## ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ (TASKS AND QUESTIONS)

- ▶ **В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова**  
Термодинамика: решаем задачи на компьютере . . . . . 56

## АСТРОНОМИЯ (ASTRONOMY)

- ▶ **П.А. Левкина**  
Понятие проблемы космического мусора в школьной программе . . . . . 60

**Журнал рекомендован Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации в перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.**  
**Журнал зарегистрирован в базе данных Российского индекса научного цитирования.**  
**Распространяется в печатном и электронном виде.**

Главный редактор **Е.Б. Петрова**, д.п.н., доцент / **Petrova, E.B.** DrSci in Education, Associate Professor  
 Зав. редакцией **Е.Б. Перская** / **Perskaya, E.B.**

### Состав редколлегии

|                                                                                                                |                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Демидова М.Ю.</b> , д.п.н., доцент                                                                          | <b>Demidova M.Yu.</b> , DrSci in Education, Associate Professor                                                                                  |
| <b>Засов А.В.</b> , д.ф.-м.н., академик МАН, профессор                                                         | <b>Zasov A.V.</b> , DrSci of Physics and Mathematics, Academician of the MAS, Professor                                                          |
| <b>Королев М.Ю.</b> , д.п.н., к.ф.-м.н., доцент                                                                | <b>Korolev M.Yu.</b> , DrSci in Education, PhD of Physics and Mathematics, Associate Professor                                                   |
| <b>Майер В.В.</b> , д.п.н., профессор                                                                          | <b>Mayer V.V.</b> , DrSci in Education, Professor                                                                                                |
| <b>Милинский А.Ю.</b> , д.ф.-м.н., доцент                                                                      | <b>Milinskiy A.Yu.</b> , DrSci of Physics and Mathematics, Associate Professor                                                                   |
| <b>Наумов А.В.</b> , д.ф.-м.н., доцент, профессор РАН, член-корреспондент РАН                                  | <b>Naumov A.V.</b> , DrSci of Physics and Mathematics, Professor Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Science |
| <b>Пентин А.Ю.</b> , к.ф.-м.н.                                                                                 | <b>Pentin A.Yu.</b> , PhD of Physics and Mathematics                                                                                             |
| <b>Плахотник Т.В.</b> , к.ф.-м.н., приват доцент, школа математики и физики университета Квинсленда, Австралия | <b>Plakhotnik T.V.</b> , PhD of Physics and Mathematics, privat-docent, school of mathematics and physics, University of Queensland, Australia   |
| <b>Сауров Ю.А.</b> , д.п.н., профессор, член-корреспондент РАО                                                 | <b>Saurov Yu.A.</b> , DrSci in Education, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Education                                        |
| <b>Ханнанов Н.К.</b> , к.х.н.                                                                                  | <b>Khannanov N.K.</b> , PhD in chemical Sciences                                                                                                 |
| <b>Царьков И.С.</b> , к.т.н., зам. директора                                                                   | <b>Tsarkov I.S.</b> , PhD in Technology, associate Director                                                                                      |
| <b>Чулкова Г.М.</b> , д.ф.-м.н., доцент                                                                        | <b>Chulkova G.M.</b> , DrSci of Physics and Mathematics, Associate Professor                                                                     |

### ООО «Школьная Пресса»

Корреспонденцию направлять по адресу: 127254, г. Москва, а/я 62

Тел.: 8 (495) 619-52-87, 619-52-89.

Интернет [http:// www.школьнаяпресса.рф](http://www.школьнаяпресса.рф) E-mail: [fizika@schoolpress.ru](mailto:fizika@schoolpress.ru)

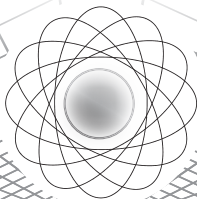
Формат 84×108/16. Усл. п. л. 4,0. Изд. № 3811. Заказ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-38550 от 21.12.09.

Издание охраняется Гражданским кодексом РФ (часть 4). Любое воспроизведение материалов, размещенных в журнале, как на бумажном носителе, так и в виде ксерокопирования, сканирования, записи в память ЭВМ, и размещение в Интернете запрещается.

Отпечатано в АО «ИПК «Чувашия», 428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 13.





## ВЫДАЮЩИЕСЯ ДОСТИЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ OUTSTANDING ACHIEVEMENTS OF PHYSICS TEACHING METHODS

Физика в школе. 2023. № 7. С. 3–10

Physics at School. 2023. No. 7. P. 3–10

### ОБ ИСТОРИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В.Г. РАЗУМОВСКОГО (К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ РАО)

#### ABOUT THE HISTORICAL SIGNIFICANCE OF THE SCIENTIFIC SCHOOL OF V.G. RAZUMOVSKY (TO THE 80TH ANNIVERSARY OF RAO)

Научная статья

Scientific article

ББК 74.03(0)

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_3

|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ю.А. Сауров</b> , д.п.н., член-корреспондент РАО, профессор, Вятский государственный университет, г. Киров; saurov-ya@yandex.ru  | <b>Y.A. Saurov</b> , DrSci (Pedagogy), corresponding member of RAO, professor, Vyatka State University, Kirov; saurov-ya@yandex.ru                                   |
| <b>Г.Г. Никифоров</b> , к.п.н., Москва; nikiforowgg@mail.ru                                                                         | <b>G.G. Nikiforov</b> , PhD (Pedagogy), Moscow; nikiforowgg@mail.ru                                                                                                  |
| <b>Ключевые слова:</b> методология познания, научный метод познания, научная школа, моделирование, экспериментирование              | <b>Keywords:</b> methodology of cognition, scientific method of cognition, scientific school, modeling, experimentation                                              |
| <b>Аннотация.</b> В статье рассмотрено продолжение жизни методических идей выдающегося педагога, методиста-физика В.Г. Разумовского | <b>Abstract.</b> The article deals with the continuation of the life of the methodological ideas of the outstanding teacher, methodologist-physicist V.G. Razumovsky |

© Сауров Ю.А., Никифоров Г.Г., 2023

*И человеком становится только тот, кто имел учителя и тем самым получил определенное прошлое и определенную культуру.*

Г.П. Щедровицкий

**Предисловие и введение.** Мы, Ю.А. Сауров и Г.Г. Никифоров, пришли почти одновременно в конце 70-х годов прошлого века в лабораторию преподавания физики НИИ содержания и методов обучения АПН СССР, которой руководил В.Г. Разумовский. Первый — его аспирантом, второй — младшим научным сотрудником. Пришли и остались, в прямом и переносном смысле, до сего времени. И влияние на нас Василия Григорьевича было сильным [1–6].

Память людей несовершенна. Прочитанные статьи и книги быстро забываются. Да и в собственной истории методисты-физики, исследователи и практики, не так хорошо и объективно разбираются. Все это естественно объяснимо: жизнь не стоит на месте. Но все же есть имена, духовный вклад которых специалисты одного-двух поколений знают, используют эти достижения в своей деятельности, развивают методические идеи дальше. Самые близкие единомышлен-



**Выдающийся физик, академик РАО  
В.А. Фабрикант и выдающийся методист-  
физик, академик РАО В.Г. Разумовский:  
люди в жизни встречаются и сотрудничают  
неслучайно...**

ники ученого составляют научную школу, сравнительно устойчивое и неформальное научное образование. В последнее десятилетие интерес к форме научных школ вырос [6, 15, 18].

Исторически профессору, академику Российской академии образования Василию Григорьевичу Разумовскому повезло (1930–2017): до самого последнего дня он страстно, целенаправленно, продуктивно, теоретически и практически выдвигал и развивал фундаментальные идеи методики обучения физике. Так получилось, что после аспирантуры у А.В. Пёрышкина он работал только в Российской академии образования — институте содержания и методов обучения и президиуме РАО. Наверное, надо признать, что это место было самым подходящим для широты творческих устремлений В.Г. Разумовского. И его научная школа по делу — академическая. Всего им самим опубликовано более 500 работ, среди них с переизданиями более 40 учебников! Но живая методическая жизнь привлекала его больше всего: он всегда был рад работать в коллективе — советовать, поощрять, вовлекать...

В последние два года жизни он актив-

но проявлял интерес, по заданию института стратегии развития образования РАО, к оформлению своей научной школы. Вот как он писал в письмах: «04.04.2016. ...Пересылаю на согласование с Вами и для конструктивных предложений Презентацию, которую подготовил как сопровождение к предстоящему докладу о «Научной школе». Это цепь коллективных исследований нашей лаборатории, начиная с 1975 г., в центре которых был **научный метод познания** как средство дидактики...»; «01.06.2016. Пишу, что думаю. Фактология есть, идеи, объединяющей всех нас, нет. А Школа — это развитие идеи. В данном случае эта идея — развитие творческой личности ученика в процессе эвристического познания науки... Нужен воспитатель и воспитанники с работами, дающими развитие главной идеи, которой увлечен коллектив сотрудников...»; «30.06.2016. Ю.А.! Покой нам только снится. 1. Пересылаю письмо с новым заданием... В.Р.» «Добрый день, Василий Григорьевич! У Вас реально хорошие ученики: представлен хороший материал о Научной школе. Но этот материал может целиком войти в будущий информационный справочник о научных школах... А сегодняшняя задача — подготовить только буклет... С уважением, Е.В. Ткаченко». (Всего за 30.06.2016 г. о научной школе пришло 7 писем! Тема волнует.) [18, с. 328, 333, 336].

**Методические результаты «по гамбургскому счету».** На наш взгляд, во-первых, следует показать теоретические основы формулирования научной Школы при жизни В.Г. Разумовского, во-вторых, представить результаты ее функционирования за последние пять лет. Несомненно, миссией академической научной школы В.Г. Разумовского был и остается ориентир исследований и проектов на получение устойчивого и социально значимого образовательного результата. В этом движении ключевым звеном, ведущей идеей является освоение научного (естественнонаучного) метода познания [8–9, 13, 19].

В.Г. Разумовский удачно объединил теорию и практику обучения физике (редактор ряда фундаментальных работ [7, 8], руководитель Московского семинара «Современный урок», семинара «Современный урок» Раменского района Московской области и др.), смело привлекал физиков для решения задач методики обучения (И.К. Кикоин, В.А. Фабрикант, Г.Я. Мякишев и др.), страстно поддерживал совершенствование школьного учебного физического эксперимента... Встречаясь с учителями в рамках научно-практических конференций и семинаров, В.Г. Разумовский умел «зажечь» их своими идеями, которые становились для педагогов методическим ориентиром, передавались затем «из рук в руки», и сейчас являются долгосрочным стимулом для творческих поисков, получают воплощение в педагогической практике.

Итак, кратко обозначим **теоретические основы научной школы В.Г. Разумовского** (см. полнее [6]). На наш взгляд, это **следующие концепции**.

- Программа развития творческих способностей школьников при обучении физике. Прежде всего она представлена в первых публикациях, а как обобщение — в докторской диссертации «Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике» (1972), а по итогам защиты — в известной монографии (1975).
- Программа построения теоретических основ методики обучения физике. Глубоко осмысленная и принятая В.Г. Разумовским установка на развитие методики обучения физике как науки выразилась в построении системы ее знаний [7], в инициировании, стимулировании и поддержке многих докторских исследований (А.А. Пинский, Н.А. Родина, В.В. Мултановский, А.Т. Глазунов, Л.С. Хижнякова, И.И. Нурминский, А.А. Фадеева, В.В. Майер, Ю.А. Сауров и др.). В том числе выполнение ряда сравнительных исследований в области методики физики зарубежных стран.



**В.Г. Разумовский выступает на Региональном научно-методическом семинаре Московской области (г. Раменское, 2016 г.): слушатели стоят даже в дверях...**

- Программа-концепция генерализации учебного материала и методов обучения. Она постоянно разворачивалась от концепции принципа цикличности до структурирования содержания курса физики по логике фундаментальных физических теорий, от требований к структуре знаний физических величин, законов до единой ориентировки при решении задач и др. В частности, этим движением объясняется постоянное внимание формированию методологических знаний [2, 13, 14, 20].
- Программа построения учебников физики нового поколения, в частности, интегрированного учебника «Физика и астрономия» и учебников под концепцию «Физика в самостоятельных исследованиях». В выполнении этой программы смело вовлекаются и методисты из регионов [9–11, 19–21].
- Программа освоения естественнонаучной грамотности школьников при обучении формулируется В.Г. Разумовским как стратегическая для совершенствования образования сегодняшнего дня: предлага-





Выступление В.Г. Разумовского  
на конференции в Кировском физико-  
математическом лицее (2008)

гается переход от прагматизма и репродуктивности целей к освоению методологии познания и творческой деятельности школьников, повышение конкурентоспособности наших школьников в мировом образовательном поле, развитие школьников и учителей на универсальных нормах деятельности и др.

На всех этапах развития научной школы ее основателем и его коллегами принципиальное внимание уделяется **методологии методических исследований**. Сам В.Г. Разумовский до последних дней постоянно вел коллективные теоретические и экспериментальные исследования, не боялся рутинной практической работы. Во-первых, всегда развертывание методического творчества организовывалось на платформе теоретических идей, гипотез, методических моделей и т.п., что придавало целостность, устойчивость и продуктивность всей учебной деятельности. Во-вторых, вся исследовательская и проектная деятельность на каждом этапе подчинялась решению государственных проблем в науке и образовании, причем сохранялась и историческая преемственность в научной деятельности. В-третьих, осознанным принципом при

построении целей научной деятельности всегда было самостоятельное развивающее творчество самого субъекта образования, а не просто выполнение нормативных требований. В-четвертых, пристальное внимание всегда уделялось процессам производства научно-методического продукта, т.е. процессам получения методических знаний, разработке методов исследования, подготовке кадров, производству технологических методик. Эти процессы понимались как ручотворные, т.е. сознательные, организуемые, управляемые. В этом отношении фундаментальным дидактическим достижением научной школы В.Г. Разумовского является формулирование такого обобщенного методического знания как принцип цикличности «факты — гипотезы, модели — следствия — эксперимент» и его последовательное использование для построения учебных систем знаний и учебного процесса. До сего времени в методике обучения физике как науке это наиболее цитируемое знание.

Среди **особенностей методологии** исследований обозначенной научной школы всегда проявлялись и проявляются следующие черты.

- В любом исследовании осознанно учитывается грань между фактами практики и теоретико-методическими моделями; эти два этапа исследования даже в прикладных работах не противопоставляются друг другу, а несут свои смыслы и функции, обосновывая друг друга.
- На протяжении многих лет во всех работах (и теоретических, и прикладных) определяются и обозначаются границы применимости идей, моделей, разработок, по возможности это делается максимально конкретно. Не умаляя значения теории методики физики, границы применимости по методологической функции, во-первых, ограничивают «увлеченность» абстракциями, во-вторых, оставляют, а иногда и формируют поле для новых решений.
- Использование аргументов для кон-

структивного доказательства гипотез из различных систем научных знаний (психологии, философии, социологии, политологии, истории науки и др.), в том числе из зарубежного опыта. Это создает широкий и устойчивый интеллектуальный фундамент для уверенного использования решений в практике.

- Разработка и использование методов исследования всегда были ориентированы на аппаратные, технологические, объективные средства измерения, в частности, на развертывание поэлементного анализа в диагностике результатов обучения, прямое фиксирование фактов процесса обучения, использование математических средств обработки фактов, запись кожно-гальванического рефлекса при решении задач и др.

По нашей оценке, за годы становления и функционирования научной школы В.Г. Разумовского (на обозримом времени в тридцать лет) на ее идеях построено и защищено не менее сотни кандидатских диссертаций, два десятка докторских исследований, опубликовано не менее тысячи статей и книг, в том числе не менее 60 учебников и учебных пособий, организовано около 50 Всероссийских конференций... Всего не перечислить.

**Функционирование научной школы в 2018–2022 годах.** Подчеркнем, что организационно Научная школа В.Г. Разумовского оформлялась в ИСРО РАО (см. сайт института). В современных изменяющихся условиях ее название расширилось: «Научный метод познания как дидактическая основа обучения естественнонаучным предметам — научная школа В.Г. Разумовского». Заметим, что Василий Григорьевич всегда считал, что освоение научного метода познания — актуальная задача для всех предметов.

В настоящее время выделяются три площадки деятельности научной школы: Москва и Московская область (А.Ю. Пентин, Г.Г. Никифоров и др.), Киров (Ю.А. Сауров,

К.А. Коханов, М.В. Исупов и др.), Глазов (В.В. Майер, Е.И. Вараксина, Ю.В. Иванов и др.).

*Основные направления деятельности научной школы сейчас такие:* а) освоение научного метода познания в учебной деятельности, б) формирование научной грамотности у школьников при изучении физики, в) модели и моделирование в процессах обучения физике, г) построение деятельности экспериментирования в процессах обучения физике, д) методология познавательной деятельности в содержании образования и в методиках обучения.

**Теоретические достижения на данном этапе.** Формирование концепции об экспериментировании и моделировании как ведущих учебных деятельности; раскрытие дидактического значения научного метода познания для конкретизации формирования научной грамотности; построение концепции формирования экспериментирующего мышления в обучении физике; построение методики изучения границ применимости понятий, моделей, законов, теорий; совершенствование методики обучения физике как науки (принципы обучения, роли методологии познания, проектная деятельность и др.).

**Практические достижения.** По проблематике научной школы вышли **пособия:** переиздания методических рекомендаций «Физика. Поурочные разработки. 10 класс» (М., 2017) и «Физика. Поурочные разработки. 11 класс» (М., 2017) к самому распространенному учебнику физики для старшей школы; учебное пособие для студентов «Теория и методика обучения физике» (М., 2021, 2023); пособие для учителей «Изучение физики и астрономии: практические работы, примеры, задачи» (Киров, 2017); ряд монографий: «Методика обучения физике: люди и идеи...: вопросы науковедения» (Киров, 2017), «Методика обучения физике: Вопросы науковедения: Письма о познавательной деятельности...» (Киров, 2019), «Построение постнеклассической методики обучения

физике: методологической и методический синтез» (Киров, 2022), «Методология научного исследования учебного физического эксперимента» (М., 2022).

Под реализацию задач научной школы активно функционирует научно-практический журнал РАО «Учебная физика». Под эгидой РАО издается сборник научных трудов «Проблемы учебного физического эксперимента». Ежегодно проводится Всероссийская научно-практическая конференция «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» (Глазов). На площадке ГГПИ им. В.Г. Короленко создан и успешно действует педагогический технопарк «Кванториум» имени В.Г. Разумовского.

В Кирове в 2019, 2022 годах успешно проведены VIII и IX Всероссийские научно-практические конференции «Модели и моделирование в методике обучения физике», а в 2018 году — V Всероссийская научно-практическая конференция «Настоящее и будущее физико-математического образования».

За эти годы защищено три кандидатских диссертации, выходит на защиту докторская работа. В 2022–2023 годах на основе длительной проектной деятельности школьников Кировского и Глазовского физико-математического лицеев на условиях конкурса вышли в свет два сборника учебно-исследовательских работ «Творческие поиски в мирах физики и математики».

Ежегодно в рамках направления научной школы в среднем публикуется не менее 50 статей, и за последние пять лет опубликовано не менее 20 статей в системах WoS и Scopus.

Среди перспективных тем исследований ближайшего времени рассматриваются такие: формирование физического мышления при экспериментировании, исследование усвоения представлений о границах применимости научных знаний в процессах обучения физике, деятельность проектирования при экспериментировании, проблемы

формирования и диагностики физического мышления в процессах обучения.

**Заключение.** Стратегически фундаментальный вектор движения методики физики остается прежним: освоение норм культуры и науки в самостоятельной и творческой (всегда интересной!) учебной деятельности при существенном расширении разнообразия форм. Словом, «выращивание» школьника, студента, учителя как субъекта образования в ходе «культуросообразного» и «природосообразного» учебного процесса. Этому подчинена теория нашей науки.

Думаем, что на наших глазах формируется новый этап развития методики обучения физике — это постнеклассический этап [20]. Две программы В.Г. Разумовского для организации массового обучения физике, посвященные освоению научного метода познания в содержании образования и формированию естественнонаучной грамотности как процессу и результату, обозначали векторы созревания и развития новой дидактики физики. В частности, принципиальным мы считаем рассмотрение и развертывание практики «экспериментирующего мышления» [3, 16], раскрытие теоретического и практического потенциала освоения знания (опыта) границ применимости научных знаний [14, 17, 20], определение новых ролей (например, управления) в деятельности самого учителя физики.

Для ближайшей перспективы сохраняется рамочное строение методики обучения физике, содержательную основу которого составляют понятия, принципы, качественные модели. Чтобы выйти на новый уровень, надо уметь строить идеализированные объекты иерархически и содержательно сложных образовательных процессов. Пока такой научной практики нет. Очевидно, для развития самой науки надо искать (нарабатывать!) ее новые структурные и содержательные решения.

Различение и специализация областей методики физики, в числе которых содержание образования, теория учебника,



процессы учения и воспитания, нормы и механизмы научно-методической деятельности и некоторые другие, будут все больше требовать систематизации и обобщения знаний и опыта деятельности преподавателей, студентов, учеников. В условиях, когда сложность систем знаний постоянно растет, уметь с ними работать — важная практическая задача.

За последние пять лет о деятельности научной школы В.Г. Разумовского написано немало, поистине громадно количество работ, в которых используются его идеи. Приведем здесь доступные нам статьи.

- Мысли Василия Разумовского о научном методе познания в дидактике физики // Сибирский учитель. 2018. № 3. С. 14–19.
- Об отношении В.Г. Разумовского к методологии... // Учебная физика. 2019. № 2. С. 50–57.
- Модели в научном творчестве В.Г. Разумовского // Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов VIII всероссийской научно-практической конференции. Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2019. С. 4–9.
- Освоение границ применимости знаний при изучении квантовой физики // Физика в школе. 2019. № 6. С. 19–27.
- Выдающийся мыслитель в дидактике физики: к 90-летию академика РАО В.Г. Разумовского // Сибирский учитель. 2019. № 4. С. 5–13.
- Академик РАО, профессор В.Г. Разумовский: классика и современность // Физика в школе. 2019. № 8. С. 3–15.
- Вечное экспериментирование над миром и самим собой... (к 90-летию В.Г. Разумовского) // Педагогика. 2020. № 1. С. 110–116.
- Мир чувств Василия Разумовского // Учебная физика. 2020. № 3. С. 59–66. — Методика обучения физике для современного учителя (размышления об опыте освоения научного метода познания) // Физика в школе. 2020. № 1. С. 59–62.
- О современности развития творческих

способностей (к 50-летию защиты докторской диссертации В.Г. Разумовским) // Учебная физика. 2021. № 4. С. 49–57.

- О методологической культуре учителя физики // Физика в школе. 2023. № 4. С. 3–10.
- О методологии методической помощи учителю // Педагогика. 2023. № 2. С. 23–33.

Ниже в списке литературы первая треть статей посвящена прижизненным публикациям о творчестве В.Г. Разумовского [1–6]. Вторая треть — несколько современных, актуальных его работ [7–13]. Последняя треть — ряд принципиальных статей и книг о развитии его идей в последние пять лет [14–21].

### Литература

1. Патрушев В.Н., Сауров Ю.А. Познание жизни и науки: о творчестве профессора В.Г. Разумовского. — Киров: Изд-во Вятского ГПУ, 1999. — 112 с.
2. Сауров Ю.А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. — Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. — 224 с.
3. Сауров Ю.А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: монография. — Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. — 208 с.
4. Сауров Ю.А. Учитель: вечный поиск смыслов...: историко-методологический портрет профессора В.Г. Разумовского. — Киров, 2010. — 158 с.
5. Василий Разумовский: Познание истины в просвещении...: биобиблиографический указатель / авт.-сост. Ю.А. Сауров. — Киров: ИД «Герценка», 2014. — 156 с.
6. Сауров Ю.А., Андреева И.Г. Академическая научная школа профессора В.Г. Разумовского как механизм развития физического образования // Физика в школе. 2016. № 7. С. 11–18.
7. Основы методики преподавания физики в средней школе / под ред. А.В. Пёрышкина, В.Г. Разумовского, В.А. Фабриканта. — М.: Просвещение, 1984. — 398 с.

8. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: ВЛАДОС, 2004. — 463 с.

9. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Сауров Ю.А., Майер В.В. Технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, мыслить и творчески действовать // Физика в школе. 2007. № 6. С. 50–55.

10. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Никифоров Г.Г., Майер В.В., Сауров Ю.А. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. — М.: ВЛАДОС, 2010. Часть 1. — 261 с.; Часть 2. — 272 с.

11. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Никифоров Г.Г., Майер В.В., Сауров Ю.А., Страут Е.К. Физика: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. — М.: ВЛАДОС, 2011. Часть 1. — 255 с.; Часть 2. — 359 с.

12. Разумовский В.Г., Майер В.В., Вараксина Е.И. ФГОС и изучение физики в школе: о научной грамотности и развитии познавательной и творческой активности школьников: монография. — М.; СПб.: Нестор-История, 2014. — 208 с.

13. Разумовский В.Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / составитель Ю.А. Сауров. — М.: Изд-во РАО, 2016. — 196 с.

14. Сауров Ю.А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. — Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. — 216 с.

15. Научный метод познания как дидактическая основа обучения физике в школе. Научная школа В.Г. Разумовского. Руководитель Ю.А. Сауров // История института в лицах: Посвящается 95-летию Института содержания и методов обучения Российской академии образования. — М.: Вентана-Граф, 2018. С. 38–40.

16. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. № 7. С. 3–11.

17. Сауров Ю.А. Проблемные поля в творчестве Василия Григорьевича Разумовского (О развитии дидактических идей моего учителя) // Вестник ВятГУ. 2019. № 4. С. 117–127.

18. Сауров Ю.А. Методика обучения физике: Вопросы науковедения: Письма о познавательной деятельности... — Киров: ИД «Герценка», 2019. — 360 с.

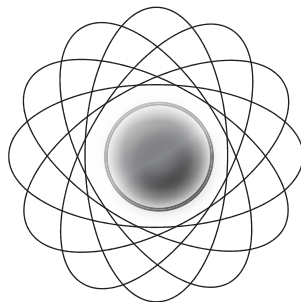
19. Никифоров Г.Г., Пентин А.Ю., Попова Г.М. Изучение физики на основе научного метода познания. 7 класс. Методическое пособие. — М.: Дрофа, 2019. — 235 с.

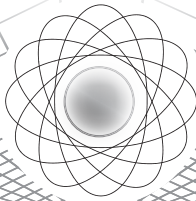
20. Сауров Ю.А. Построение постнеклассической методики обучения физике: методологической и методический синтез: монография. — Киров: Радуга-ПРЕСС, 2022. — 212 с.

21. Вараксина Е.И. Методология научного исследования учебного физического эксперимента: монография. — М.: ФЛИНТА, 2022. — 192 с.

Дата поступления рукописи (Received): 10.07.2023.

Опубликовано (Published): 17.10.2023.





## ПРООБРАЗ КЕЙС-ЗАДАЧ НА УРОКАХ ФИЗИКИ XX ВЕКА

## A PROTOTYPE OF CASE PROBLEMS IN PHYSICS LESSONS OF THE XX CENTURY

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_11

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ю.С. Романова</b> , аспирант, Московский педагогический государственный университет, учитель математики и физики, «Школа № 1514», Москва;<br>vaganova_yu.s@mail.ru                                                                                                                                     | <b>Yu.S. Romanova</b> , postgraduate student, Moscow Pedagogical State University, teacher of mathematics and physics, «School No. 1514», Moscow;<br>vaganova_yu.s@mail.ru                                                                                                                                                                                            |
| <b>Ключевые слова:</b> естественнонаучное мышление, кейс-задача, кейс-метод, физика                                                                                                                                                                                                                       | <b>Keywords:</b> natural science thinking, case problem, case method, physics                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Аннотация.</b> В статье описан один из способов развития естественнонаучного мышления — решение кейс-задач. Описаны критерии, удовлетворяющие кейсам. Проведен обзор учебно-методической литературы, используемой на уроках физики XX в., где возникали первые прообразы естественнонаучных кейс-задач | <b>Abstract.</b> The article describes one of the ways of developing natural science thinking — solving case problems. The criteria satisfying the cases are described. A review of the educational and methodological literature used in physics lessons of the twentieth century, where the first prototypes of natural science case problems arose, is carried out |

© Романова Ю.С., 2023

История преподавания физики берет свое начало в конце XVIII в. Многие источники и методические разработки не дошли до наших дней в сохранности, учителя не могут применить эти разработки на своих современных уроках. Однако, переосмысление методик преподавания полезно, особенно начинающему учителю, поэтому представляется необходимым изучить историю процесса решения различных задач на уроках естественнонаучного цикла.

Новой и эффективной методикой развития естественнонаучного мышления является методика решения кейс-задач на уроках физики, химии, биологии, географии и астрономии.

Метод решения кейс-задач или кейс-стади (от англ. **case study**) **заключается в обучении**, основой которого выступает анализ, решение и обсуждение ситуаций. Ситуации, лежащие в основе кейса, могут быть реальными или смоделированными.

Кейс-задача представляет собой последовательность связанных заданий, которые нацелены на анализ определенной ситуации и поиск ответов на вытекающие из нее вопросы [5]. Текст естественнонаучной кейс-задачи большой: он составляет от 2 до 5 страниц, в содержании — от 10 до 25 заданий. Он сопровождается графиками, таблицами, схемами и рисунками. Учащиеся должны разработать решение проблемной



задачи на базе своих естественнонаучных знаний [2].

Как правило, условия кейс-задачи опираются на реальный фактический материал [4]. Жизненные ситуации сложны и многогранны, поэтому для их решения, как правило, не хватает знаний только по одному школьному предмету. Это делает кейс-задачи незаменимым инструментом для развития естественнонаучного мышления [2].

Одним из ярких периодов расцвета методики преподавания естественнонаучных предметов как научного направления заслуженно можно назвать именно двадцатый век. Отправной точкой этого периода можно считать пособие, написанное Ф.Н. Шведовым, «Введение в методику физики», изданное в 1894 г. и основанное на лекциях, прочитанных автором на Педагогических курсах в Одессе осенью 1893 г.

Одним из первых новых учебников начала XX в. стал учебник «Начальная физика» под авторством А.В. Цингера (1910 г.) [6]. В послесловии учебника представлен материал, который может быть использован для составления кейс-заданий. В приведенном ниже фрагменте на рисунке 1 видим: введе-

ние в ситуацию («вы пошли утром купаться»), ряд заданий («взгляните на небо, понаблюдайте»), описание физической сущности явления. Представленный материал выступает как погружение в проблемную ситуацию.

Большое внимание уделяется в учебнике иллюстрациям, ситуационным рисункам, фотографиям. Наглядные материалы помогали А.В. Цингеру найти новые подходы к объяснению различных тем. Этот прием развития естественнонаучного мышления часто применяется в современных кейс-заданиях. На рисунке 2 можно увидеть велосипедиста, движущегося по окружности в вертикальной плоскости, фотография представлена в сопровождении темы «Центробежная сила» [6].

Также в работах Цингера можно выделить широко описанный блок так называемых графических задач. Изучению графиков уделялось особое место в его работах. Это факт подтверждает большое количество графических иллюстраций, таких как траектория повозки, тело, брошенное под углом к горизонту, свободное падение тела. Также важно отметить, что в самом задачнике часто указываются простые и наглядные



Рис. 1. Фрагмент послесловия учебника «Начальная физика» под авторством А.В. Цингера (1910 г.)

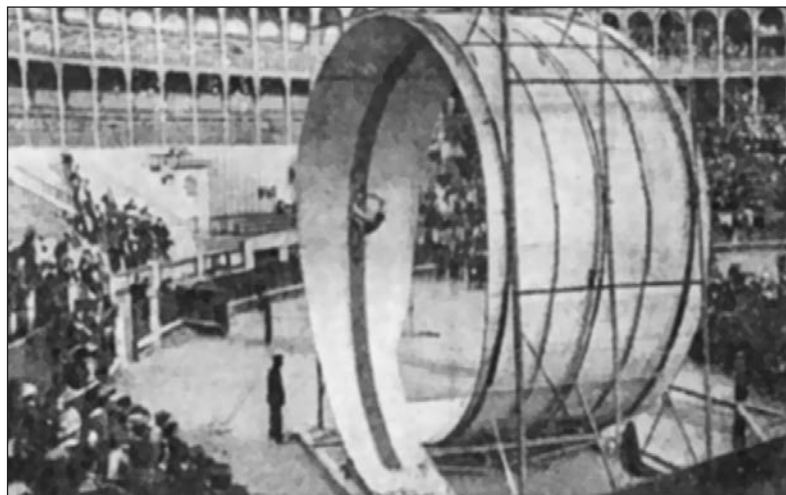


Рис. 2. Фотография из учебника «Начальная физика»

решения, написанные самым доходчивым языком. Именно тут активно прослеживается межпредметная связь между математикой и физикой.

Особую ценность в контексте настоящей темы представляет «Сборник вопросов и задач по физике» того же автора, опубликованный в 1913 г. [7]. Именно в этом сборнике впервые собрано воедино большое количество задач, в том числе практических вопросов. Определенные ситуационные задания были сформулированы А.В. Цингером в виде так называемых диалогических задач. Такие задачи являлись новацией методики обучения физике XX в. Пример диалогической задачи из «Сборника вопросов и задач по физике» представлен ниже [7].

**Учитель.** Прошлый раз я задал вам сделать какие-нибудь измерения и расчеты скоростей движения. Что же вы сделали на эту тему?

**Ученик.** Я вчера мерил скорость, с которой мы ехали на веслах в лодке. Скорость получилась небольшая — около 2 км в час; но я сделал такой расчет, что если бы мы проезжали всего 1 км в час, мы двигались бы примерно с такой же скоростью, как самый быстроходный океанский пароход!

**Учитель.** Как так?

**Ученик.** Если представить себе пароход

в 250 м длиной, идущий со скоростью 45 км в час, то такой пароход должен проходить расстояние, равное своей длине, как раз в такое же время, в какое мы проезжали бы расстояние, равное длине нашей лодки.

**Учитель.** Ваш расчет довольно остроумен; но если считать по-вашему, то выйдет, что, например, инфузория «туфелька» длиной в четверть миллиметра плывет примерно в 10 раз скорее теплохода. В каком отношении в действительности находятся величины тех скоростей, которые при вашем способе выходят «равными»?

а) Ответьте на вопрос учителя.

б) Вычислите длину лодки, на которой ехал ученик.

в) Вычислите скорость движения инфузории.

На основе такой диалогической задачи, сегодня можно составить оформленное современными языком кейс-задание.

Сам Цингер отмечал, что ученики зачастую не умели применять полученные знания на практике: вызывал затруднения выбор законов, которые необходимо применить для решения задачи; отсутствовал оценочный математический аппарат; недостаток практических навыков; неумение выразить собственные мысли.

Все вышесказанное свидетельствует о

том, что учащимся начала двадцатого века не хватало задач, которые широко продемонстрировали бы межпредметные связи; задач, приближенных к реальности; задач, которые вызвали бы реальный живой интерес к их решению.

Еще одним ярким представителем является уже советский задачник В.А. Зибера «Живые задачи по физике» [1], впервые изданный в Ленинграде в 1925 г.

Сам задачник состоит из семи основных глав, посвященных механике, газам, жидкостям, теплоте, звуку, свету и электричеству. Особенность изложения состоит в том, что каждая задача начинается с графического изображения установки, о которой идет речь. Обзор задачи состоит из нескольких этапов. Сначала предлагается текст задачи или вопроса, далее представляется ее решение. Автор кратко, но достаточно подробно, дает рекомендации по использованию необходимых предметов, описывает порядок их использования и примерные результаты. Особый интерес, на наш взгляд, вызывает развитие задачи. К каждой задаче автор предлагает дополнительные вопросы, которые могут возникнуть после решения

начального вопроса. «Живые задачи по физике» можно назвать предвестником кейс-задач, потому что именно такая структура поступательных вопросов, приводящих к «большому открытию», лежит в их основе.

Самым ярким представителем советской школы физики заслуженно является первое издание «Физика. Учебник для средней школы» под авторством Г.И. Фалеева и А.В. Пёрышкина [8]. Изданный 1933 г. именно этот учебник, переживая различные редакции, становится основным учебником физики для многих поколений российских школьников.

Отличительной его особенностью является не только большое количество тематических задач, но и широкий обзор технических изобретений, их характеристик и условий работы. Например, на рисунке 3 приведено изображение устройства подводной лодки из этого учебника.

После исчерпывающего теоретического материала, сопровождающегося иллюстрациями и схемами, учащимся предлагалось ответить на резюмирующие вопросы. Например, после описания технических особенностей танка учащиеся анализировали:

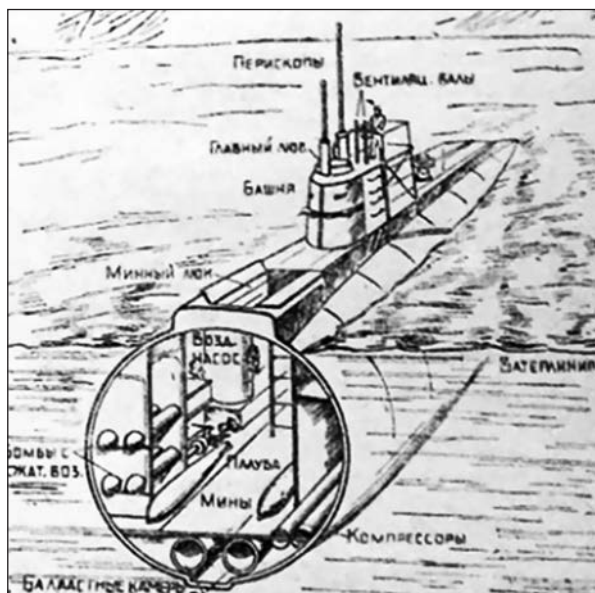


Рис. 3. Устройство подводной лодки из учебника «Физика. Учебник для средней школы», 1933 г.

«Почему танк может передвигаться по болоту?», «Какое давление больше: человека при ходьбе или танка при езде по снегу?» [8]. Такое теоретическое введение сегодня может служить реальным фактическим материалом для погружения в условие кейс-задачи, а тематические вопросы могут быть представлены в качестве заданий с дополнениями.

Отечественная эпоха методики преподавания физики неразрывно связана с именем А.П. Рымкевича. После обучения в аспирантуре в 1964 г. методист вел активную работу над первым выпуском «Сборника задач по физике для 8–10 классов средней школы». Этот сборник под его авторством отличают лаконичность изложения, структурированность, основанные на богатом педагогическом опыте.

В последующих изданиях сборника А.П. Рымкевича уделяется особое внимание разделу «Механика». В задачах этого раздела зачастую объектами выступают последние технические изобретения, например, автомобиль «Жигули» или искусственный спутник «Спутник-1» [3]. Этот прием придавал реальности задачам, помогал школьникам погрузиться в задачу с живым интересом. Такой подход полюбился учителям и ученикам по всей стране, поэтому множество российских школьников и в настоящее время решают задачи «по Рымкевичу».

В отечественной учебно-методической литературе XX в. среди задач, предлагаемых к решению и выполнению учащимися, есть те, которые можно считать предшественниками кейс-задач. Ситуационные рисунки, примеры из жизни, окружавшей ученика, способствовали формированию естественнонаучного мышления учащихся гимназий и школ XX в. Ученые-методисты того времени применяли целый ряд отдельных приемов

для развития естественнонаучного мышления школьников. В современной методике применения кейс-метода такие приемы находят отражение в заданиях кейс-задач, сгруппированы вместе в целостную оболочку естественнонаучного кейса. Вопрос влияния сформированного кейс-метода на развитие естественнонаучного мышления остается актуальным и требует дополнительного изучения.

### Литература

1. *Зибер В.А.* Живые задачи по физике: Метод. Искания / С предисл. Ф.Н. Красикова. — Л.: Образование, 1925.

2. *Романова Ю.С., Одинцова Н.И.* Роль кейс-задач в развитии естественнонаучного мышления школьников // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве, Рязань, 24–25 марта 2022 / Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина. — 2022. С. 94–97.

3. *Рымкевич А.П.* Сборник задач по физике для 8–10 классов средней школы. — М.: Просвещение, 1976.

4. *Солодихина М.В.* Сборник кейс-задач по интегрированным естественнонаучным курсам. Учебное пособие. — М.: Прометей, 2020. — 156 с.

5. *Солодихина М.В., Одинцова Н.И.* Кейс-задачи на уроках физики // Физика в школе. 2019. № 1. С. 18–26.

6. *Цингер А.В.* Начальная физика: Первая ступень. — М.: В.М. Саблин, 1910.

7. *Цингер А.В.* Сборник вопросов и задач по физике. — М.: Гос. изд-во, 1913.

8. *Фалеев Г.И., Пёрышкин А.В.* Физика. Учебник для средней школы. Часть первая. — М.: Гос. Учебно-педагогическое издательство, 1933.

Дата поступления рукописи (Received): 28.07.2023.

Опубликовано (Published): 17.10.2023.



# О ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ПРОСТОЙ УЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

## ABOUT THE PROCESS OF SOLVING A SIMPLE EDUCATIONAL PHYSICAL PROBLEM

Научная статья

Scientific article

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_16

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ю.А. Сауров</b> , д.п.н., член-корреспондент РАО, профессор, Вятский государственный университет, г. Киров; saurov-ya@yandex.ru           | <b>Y.A. Saurov</b> , DrSci (Pedagogy), corresponding member of RAO, professor, Vyatka State University, Kirov; saurov-ya@yandex.ru                      |
| <b>М.П. Уварова</b> , к.п.н., доцент, Вятский государственный университет, г. Киров; mpozolotina@mail.ru                                     | <b>M.P. Uvarova</b> , PhD (Pedagogy), Assistant professor, Vyatka State University, Kirov; mpozolotina@mail.ru                                          |
| <b>Ключевые слова:</b> методология познания, научный метод познания, моделирование                                                           | <b>Keywords:</b> methodology of cognition, scientific method of cognition, modeling                                                                     |
| <b>Аннотация.</b> В статье предлагается расшифровка организации учебной деятельности при решении типичной школьной учебной физической задачи | <b>Abstract.</b> The article proposes a decoding of the organization of educational activities in solving a typical school educational physical problem |

© Сауров Ю.А., Уварова М.П., 2023

**Теоретическое введение.** Учебные физические задачи предназначены для формирования правильных (т.е. современных) мыслительных и практических умений. На наш взгляд, в настоящее время «правильными» являются умения, связанные с освоением научного метода познания [1, 4–6]. Логика его задания может быть выражена схемой: «факты, проблема — гипотеза, модель — следствия — эксперимент, практика» [2, 3]. В рамках статьи нас интересует именно процесс решения типичной физической задачи [7].

Организационно-практической формой освоения научного метода познания при решении задач, на наш взгляд, является задание учебной деятельности по следующей ниже структуре. Параллельно этой деятельности происходит освоение современного физического мышления.

**1. Анализ текста и физического явления.** Анализ текста заключается в чтении

текста, понимании терминов, выражении понятий на языке знаков при краткой записи, разделении условий и требований и др. Анализ физического явления (или явлений) выражается в вычленении субъектом изучаемого явления и пренебрежении другими, выделение явления начинается с выбора физических объектов, описания их движения, взаимодействия, изменения... Анализ может проводиться и в форме использования (и/или построения) рисунков.

**2. Идея или план решения.** Выясняется метод или методы решения задачи как итог первого этапа. Для экспериментальных задач необходим развернутый план решения.

**3. Математическая модель физического явления.** Здесь причинно-следственные связи получают выражение в форме уравнений законов. Описание явления доводится до нужного вывода, до ответа в общем и числовом виде.

#### 4. Анализ итогов процесса решения.

Фактически это проверка решения, выявление недостатков и погрешностей, оценивание модели на «реальность». Поиск иного метода решения.

**Практическая деятельность.** Выберем простую и типичную учебную задачу по механике: «Небольшое тело съезжает по наклонной плоскости, расположенной под углом  $30^\circ$  к горизонту, с высоты 1 м и продолжает движение по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения между телом и плоскостями 0,2. Какой путь по горизонтальной плоскости пройдет тело?»

#### Организация учебной деятельности для решения данной задачи

**1 этап.** Прежде всего, запишем условия и требования задачи в знаковой форме. Отчасти это уже выбор языка описания явлений.

$$\begin{aligned} m \\ h = 1 \text{ м} \\ \alpha = 30^\circ \\ \mu = 0,2 \end{aligned}$$

$$S_2 = ?$$

Анализ физического явления начинается с его выделения и обозначения в форме рисунка (рис. 1). Здесь и далее всегда организуется диалог по вопросам. Он задает логику физического мышления.

Какие физические объекты нам надо рассмотреть? Какие из них описать? Выделяем

три физических объекта: Земля, плоскость и тело. Задачу рассматриваем в инерциальной системе отсчета, связанной с неподвижным телом, с Землей. По условиям задачи размеры тела нам не важны. Почему так? Во-первых, тело движется поступательно и все его части по траектории, скорости, ускорению движутся одинаково. Во-вторых, нет вращений, а значит, инертные свойства тела описываются массой. Как итог — тело можно моделировать материальной точкой.

Нас интересует движение тела. Какое движение тела описано в задаче? Охарактеризуем его. Во-первых, это механическое движение, раз налицо изменение положения тела в пространстве относительно других тел (наклонной плоскости) с течением времени. Во-вторых, по траектории — прямолинейное: сначала по наклонной плоскости, а потом — горизонтально. В-третьих, по скорости — неравномерное. Можно уточнить: поскольку в начале движения тело покоилось, а затем двигалось вниз по наклонной плоскости, то движение ускоренное, при неизменности сил по условию задачи — равноускоренное; затем движение по горизонтальной плоскости меняется на равнозамедленное, что в итоге приводит к остановке тела.

Каковы причины такого движения тела? Физические причины всегда определяются взаимодействиями, в случае движения одного тела — внешними действиями. Движение тела по наклонной плоскости обусловлено

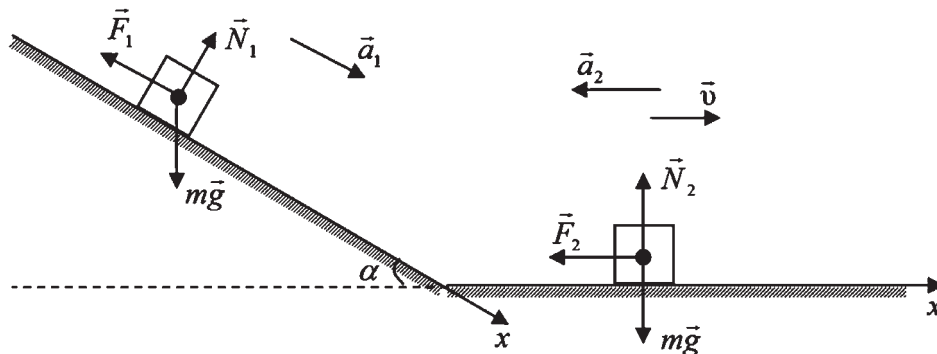


Рис. 1

действием Земли (описывается силой тяжести), действием поверхности (оно характеризуется двумя силами — силой трения и силой нормальной реакции). Для учителя следует заметить: действие поверхности, как и любое действие, описывается одной силой — силой реакции связи, но в школе она не изучается, а для простоты описания ее раскладывают на две перпендикулярные силы. Причиной горизонтального движения тела являются тоже два действия: Земли и поверхности, но есть еще начальное условие — наличие начальной скорости движения. Как это доказать?

Почему для описания движения тела проще всего различить два его движения и выбрать две системы отсчета: одну — из одной оси наклонно, а для другого — из одной оси горизонтально (см. рис. 1)? Почему можно ограничиться одной осью? (В обоих случаях движение тела происходит только по прямой. Тогда сумма проекций сил на перпендикулярное направление равна нулю. И это надо оговорить. При решении сложных задач, на этапе динамического описания явления, в частности при проектировании ряда сил, стандартно использовать систему отсчета из двух осей.)

**2 этап.** Какая это задача по условию и требованию? (По требованию задача явно кинематическая, но по условию — динамическая, так как масса и коэффициент трения — динамические характеристики.) И в таких случаях метод решения всегда динамический. В механике всего два его способа выражения: использование второго закона динамики и использование законов сохранения. Какой способ, метод решения выбрать? (Типичным является метод законов Ньютона. Но иногда проще использовать законы сохранения; а в случае переменных сил это единственный метод решения школьных учебных физических задач.)

Итак, пробуем использовать второй закон динамики для описания явления, поскольку выполняются все необходимые условия: явление мы рассматриваем в ИСО, тело мо-

делируем материальной точкой. (Заметим, что выбор модели тела всегда за нами и зависит от нашего «видения» задачи. И тут творчеству нет предела.)

**3 этап.** Описываем явления вторым законом динамики. В знаковой форме получается математическая модель физического явления (явлений).

Поскольку тело движется сначала по наклонной плоскости равноускоренно, а затем по горизонтальной плоскости равномерно, запишем закон второй Ньютона дважды, сначала в векторном виде:

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{mp1},$$

$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp2}.$$

Далее организуем запись второго закона Ньютона в проекции на координатные оси (ось).

При движении вдоль наклонной плоскости:

*Ox:*  $ma_1 = mg \sin \alpha - F_{mp1}$ ; сила трения определяется по известной формуле  $F_{тр.1} = \mu N$ . (Как же определить  $N$ ? Это можно сделать только через условно известное значение силы тяжести и условия прямолинейного движения тела.)

При движении по горизонтальной плоскости:

$$Ox: -ma_2 = -F_{mp2}.$$

В итоге получаем:

$$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu \cdot mg \cos \alpha,$$

$$ma_2 = \mu mg.$$

(Важно подчеркнуть, что условно известная масса в уравнениях, т.е. в модели явления, сокращается. Не случайно в условиях задачи она и не дана.)

Динамическое описание явлений мы выполнили: получили возможность найти ускорение тела для двух движений. Сейчас на очереди кинематическое описание и поиск искомой величины. Для этого в первом и втором случаях используем кинематические закономерности механического движе-

ния тела, в частности, взаимосвязь ускорения, скорости и пути в форме:

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

В итоге простых математических действий получаем ответ. Для первого случая имеем:

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha); \quad S_1 = \frac{h}{\sin \alpha}; \quad S_1 = \frac{v_2^2}{2a_1}.$$

Для второго случая:

$$a_2 = \mu g \quad S_2 = \frac{-v_2^2}{2a_2}.$$

Сейчас можно найти искомую величину, поскольку все данные для расчета известны.

**4 этап.** Как проверить правильность решения? (Например, по практической разумности величины пути. Если, скажем, расчет дал значение 1 км, то это явно сомнительно. И тогда надо проверить решение на всех этапах.) Размерность физических величин в формулах слева и справа всегда должна быть одинакова. У нас путь, то его размерность [м]. Из формулы общего решения

$$S_1 = \frac{h(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\mu \sin \alpha}$$

справа имеем только одну размерную физическую величину  $h$ , она имеет размерность длины. Значит, с этой точки зрения формула решения в общем виде верная.

Если по какой-то причине (невнимательность) коэффициент трения больше единицы, то решение в принципе не будет верным. Если при промежуточном расчете ускорение получается  $9,8 \text{ м/с}^2$ , то это явно противоречит заданному в задаче явлению. Словом, при анализе задачи и процессов ее решения не надо «бояться» обсуждения подобных вопросов.

Метод динамического описания физического явления в форме закона изменения механической энергии во многих задачах

более рационален. Потенциальная энергия тела в первом состоянии равна работе силы трения на участках движения  $mgh = A$ . Далее следует расшифровка работы силы трения.

**Заключение.** «Правильное» решение учебных физических задач всегда давалось и дается трудно. Но не случайно давным-давно замечено: тот знает физику, кто умеет решать задачи. И можно согласиться с этим практическим утверждением с учетом нашей интерпретации характеристики «правильное», т.е. нацеленное на усвоение физического мышления во всей его широте.

### Литература

1. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. № 7. С. 3–11.
2. Орлов В.А., Сауров Ю.А. Практика решения физических задач: учебное пособие для учащихся общеобразовательных организаций. — М.: Вентана-ГРАФ, 2015. — 272 с.
3. Сауров Ю.А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. — Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. — 216 с. (см. сайт: [www.saurov-ya.ru](http://www.saurov-ya.ru)).
4. Сауров Ю.А. Вопросы содержания, методов и приемов формирования физического миропонимания // Физика в школе. 2021. № 5. С. 20–29.
5. Сауров Ю.А., Уварова М.П. Нормативная и творческая деятельность в обучении: различие и согласование // Педагогика. 2021. № 8. С. 5–15.
6. Сауров Ю.А., Уварова М.П. Проблема диагностики физического мышления в обучении // Перспективы науки и образования. 2022. № 5. С. 233–246.
7. Устиловская А.А. Метапредмет «Задача»: учебное пособие для педагогов. — М.: Пушкинский институт, 2011. — 272 с.

Дата поступления рукописи (Received): 19.05.2023.  
Опубликовано (Published): 17.08.2023.



# ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОПАРКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

## THE POSSIBILITIES OF THE TECHNOPARK OF UNIVERSAL PEDAGOGICAL COMPETENCIES IN TEACHING PHYSICS

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_20

|                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Н.А. Антонова</b> , аспирант, преподаватель, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск; in-nadya@mail.ru                                                                     | <b>N.A. Antonova</b> , postgraduate, lecturer, South-Ural State Humanities Pedagogical University, Chelyabinsk; in-nadya@mail.ru                                                                                                                                |
| <b>У.В. Лапко</b> , студент 5 курса, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск; ulja.emelyanova2016@yandex.ru                                                                   | <b>U.V. Lapko</b> , 5th year student, South-Ural State Humanities Pedagogical University, Chelyabinsk; ulja.emelyanova2016@yandex.ru                                                                                                                            |
| <b>Ключевые слова:</b> технопарк, будущие учителя, школы, обучение физике                                                                                                                                                 | <b>Keywords:</b> technopark, future teachers, schoolchildren, teaching physics                                                                                                                                                                                  |
| <b>Аннотация.</b> В статье рассматриваются возможности технопарка универсальных педагогических компетенций при обучении физике. Выделены трудности и приводятся методические рекомендации по работе в условиях технопарка | <b>Abstract.</b> The article discusses the possibilities of the technopark of universal pedagogical competencies in teaching physics. Difficulties are highlighted and methodological recommendations for working in the conditions of the technopark are given |

© Антонова Н.А., Лапко У.В., 2023

Педагогические технопарки (или технопарки универсальных педагогических компетенций) — это образовательные пространства, которые оснащены высокотехнологичным оборудованием от лучших российских и мировых производителей. На базе ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ» г. Челябинска создан технопарк универсальных педагогических компетенций, в котором имеются следующие лаборатории: «Аналитическая химия», «Робототехнические системы и виртуальная реальность», «Генетика. Оптика. Физиология», «Фундаментальная физика», «Рентгенография», «Альтернативная энергетика».

Методическое обеспечение есть на сайте производителя оборудования технопарка [12].

В условиях цифровизации требуется пересмотр подхода к обучению в школе, а следо-

вательно, и при подготовке будущего учителя для его дальнейшей профессиональной деятельности, он должен уметь пользоваться современным оборудованием и быть готовым внедрять его в учебный процесс.

Подготовка будущих учителей в условиях технопарка приведена в работах Н.Н. Божко [3], С.П. Злобиной [4], Т.И. Кондауровой [5], Т.В. Ледовской [7], С.О. Фоминых [10] и др., а использование детских технопарков в обучении школьников рассмотрено в трудах В.В. Крехалева [6], А.Ю. Милинского [8], Н.Н. Новиковой [9], М.А. Якунчева [11], и др., практические работы в условиях цифровизации описаны в наших статьях [1, 2].

Для определения готовности будущего учителя физики к работе в технопарке универсальных педагогических компетенций мы провели анкетирование студентов

первого и четвертого курсов «ЮУрГГПУ» по программе бакалавриата 44.03.05 «Педагогическое образование» профильной направ-

ленности «Физика. Математика». Анализ результатов анкетирования представлен в таблице 1.

Таблица 1

### Анализ ответов респондентов на вопросы анкеты

| Вопросы                                                  | Варианты ответа                                                           | Результат выбора ответа обучающимися, % |        |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
|                                                          |                                                                           | 1 курс                                  | 4 курс |
| Для чего нужен технопарк?                                | Овладение интерактивными технологиями                                     | 66,7                                    | 60     |
|                                                          | Развитие функциональной грамотности                                       | 33,3                                    | 46,7   |
|                                                          | Развитие навыков метапредметных исследований                              | 77,8                                    | 46,7   |
|                                                          | Разнообразить учебный процесс                                             | 33,3                                    | 66,7   |
|                                                          | Реализовать учебные идеи                                                  | 33,3                                    | 60     |
|                                                          | Формирование экспериментальных компетенций                                | 66,7                                    | 73,3   |
| Хватило ли Вам информации по работе с технопарком?       | Да                                                                        | 77,8                                    | 26,7   |
|                                                          | Нет                                                                       | 22,2                                    | 73,3   |
| Какие трудности у Вас возникли при работе с технопарком? | Описание работ (некорректно составленный текст, ошибки, научный язык)     | 22,2                                    | 73,3   |
|                                                          | Физическая установка (ненадежно собрана)                                  | 0                                       | 40     |
|                                                          | Коммуникация с одноклассниками                                            | 11,1                                    | 0      |
|                                                          | Коммуникация с преподавателем                                             | 11,1                                    | 20     |
|                                                          | Коммуникация с лаборантом                                                 | 11,1                                    | 73,3   |
|                                                          | Оснащение кабинета (парты, стулья, лампы и т.д.)                          | 11,1                                    | 26,7   |
|                                                          | Сложность в объяснении наблюдаемого явления                               | 33,3                                    | 13,3   |
|                                                          | Не умею делать чертежи, графики                                           | 33,3                                    | 6,7    |
|                                                          | Не имею достаточной математической подготовки и затрудняюсь в вычислениях | 0                                       | 0      |
|                                                          | Затрудняюсь делать проверку единиц измерения                              | 22,2                                    | 6,7    |
|                                                          | Разработка заданий для школьников                                         | 11,1                                    | 13,3   |
| Что Вам понравилось при работе в технопарке?             | Описание работ (интересные задания, иллюстрации)                          | 22,2                                    | 0      |
|                                                          | Лабораторная установка                                                    | 55,6                                    | 53,3   |
|                                                          | Коммуникация с одноклассниками                                            | 55,6                                    | 60     |
|                                                          | Коммуникация с преподавателем                                             | 22,2                                    | 20     |
|                                                          | Коммуникация с лаборантом                                                 | 22,2                                    | 20     |
|                                                          | Оснащение кабинета                                                        | 55,6                                    | 26,7   |
|                                                          | Выполнение экспериментальной части                                        | 55,6                                    | 40     |
|                                                          | Разработка заданий для школьников                                         | 0                                       | 26,7   |

|                                                                                               |                                               |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|
| Как технопарк можно использовать в школьном учебном процессе?                                 | Экскурсия                                     | 77,8 | 80   |
|                                                                                               | Решение профессионально-ориентированных задач | 22,2 | 40   |
|                                                                                               | Решение экспериментальных задач               | 77,8 | 60   |
|                                                                                               | В рамках летнего лагеря                       | 11,1 | 46,7 |
|                                                                                               | В рамках подготовки к ВПР/ОГЭ/ЕГЭ             | 44,4 | 33,3 |
| Сможете ли Вы использовать опыт работы с технопарком в будущей профессиональной деятельности? | Да                                            | 77,8 | 26,7 |
|                                                                                               | Нет                                           | 22,2 | 73,3 |

На основе приведенных данных можно сделать следующие выводы. Большинство студентов первого курса считает, что технопарк нужен для развития навыков метапредметных исследований (77,8%), а меньшинство — для развития функциональной грамотности, разнообразия учебного процесса, реализации учебных идей (33,3%). Студенты 4-го курса полагают, что технопарк необходим, в первую очередь, для формирования экспериментальных компетенций (73,3%), а наименее полезен он будет для развития функциональной грамотности и развития навыков метапредметных исследований (46,7%).

Подавляющему числу студентов первого курса хватило информации по работе с технопарком (77,8%), студентам же четвертого курса было ее недостаточно (73,3%). Это можно объяснить тем, что студенты старшего курса знакомы с большим количеством работ, нежели первокурсники, и четверокурсникам есть с чем сравнивать.

Больше трудностей у студентов первого курса возникло с объяснением наблюдаемых явлений и построением графиков и чертежей (33,3%), а у студентов четвертого курса — с описанием работ и коммуникацией с лаборантом (73,3%). Первокурсники на лекциях не изучили большинство явлений, с которыми связаны лабораторные работы в технопарке, поэтому они чаще обращались

к помощи лаборанта. Студентам же четвертого курса интереснее самим разбираться с установками, справляясь с трудностями без помощника.

Студентам обоих курсов понравилось общаться с одногруппниками при работе в технопарке (55,6% и 60,0%). Но первокурсники большее внимание обращают на оснащенность кабинета, выполнение экспериментальных задач и саму лабораторную установку.

Обе группы респондентов считают, что технопарк можно использовать в школьном учебном процессе в форме экскурсии (1 курс — 77,8%, 4 курс — 80,0%), также высоко студенты первого курса оценивают возможность решения школьниками экспериментальных задач. Старшекурсники осознают, что школьники не справятся с имеющимися текстами лабораторных работ и установками, поэтому считают целесообразным разработать методическое пособие для работы с технопарком для школьников.

Первокурсники уверены, что смогут использовать опыт работы с технопарком в будущей профессиональной деятельности (77,8%), в то же время студенты четвертого курса утверждают обратное (73,3%). Студенты четвертого курса, побывав в школах на практике, знают, что школьникам нравится наглядность и осязаемость. Недостаточно показать ребенку фотографию или расска-

зять об установке, чтобы он восхитился и запомнил изложенное.

В рамках дисциплины «Школьный физический кабинет» (4 курс) будущие учителя физики не только знакомятся с оборудованием и выполняют практические работы, но выполняют методическую работу, готовя описание лабораторных работ и рекомендации по их использованию.

### **Задание 1. Работа с установками технопарка**

При проведении практических работ в условиях технопарка студентам мы предлагаем следующий план.

I. Теоретическая часть. Познакомьтесь с установкой, опишите ее по плану.

#### **План изучения приборов**

1. Назначение прибора.
2. Принцип действия прибора (какое явление или закон положен в основу работы прибора).
3. Схема устройства прибора (его основные части, их назначение).
4. Правила пользования прибором.
5. Область применения прибора.

II. Практическая часть. Описание эксперимента, результаты, выводы.

Предложите практическую работу и задание к данной установке для школьников (решения, ответы, критерии оценивания).

### **Задание 2. Планирование учебной работы в условиях технопарка универсальных педагогических компетенций**

1. Представьте перечень нормативно-правовых документов, регламентирующих технопарк универсальных педагогических компетенций.

2. Составьте глоссарии следующих определений (со ссылками на источник информации):

- технопарк;
- универсальные педагогические компетенции;
- педагогический технопарк;
- кванториум.

3. Подготовьте обзор основных публикаций по теме «Технопарк универсальных педагогических компетенций», представленных в системе eLIBRARY.RU.

4. Сделайте подборку вебинаров по теме «Технопарк универсальных педагогических компетенций».

5. Выделите трудности и пути решения по работе с технопарком. Дайте рекомендации для учителя физики в условиях технопарка.

В результате работы в условиях технопарка студенты отметили следующие трудности.

#### **– Недостаточное затемнение кабинета**

Некоторые установки должны использоваться в затемненном помещении, что может быть решено путем установки черных экранов на окна, но в технопарке установлены широкие вертикальные жалюзи белого цвета, которые пропускают много света, что негативно сказывается на измерениях.

#### **– Описания к лабораторным работам, предложенные производителем оборудования, требуют доработки**

В них изложено одно, а по итогу выполнения получается совсем другое. В качестве примера рассмотрим установку для изучения колец Ньютона. В ней написано, что теоретический радиус кривизны сферического тела 12 м, но выполнив работу, согласно описанию, были получены результаты, сильно отличающиеся от теоретических. С чем связана ошибка неизвестно. Необходимо провести лабораторные работы несколько раз или рассмотреть каждый элемент установки отдельно, с целью установить его параметры.

#### **– Недостаточно места для установки приборов**

В данном технопарке большинство работ стоит по периметру кабинета, что делает затруднительным одновременную работу обучающихся на соседних установках.

#### **– Необходимость разбираться в настройке оборудования и корректировать снятие показаний эксперимента при возникновении вопросов**



Будущие учителя физики дали рекомендации для работы в технопарке.

- При работе в технопарке следует внимательно работать с установкой и обращать внимание на описание. Если возникают определенные трудности, то необходимо подойти к лаборанту и попросить помощи или обратиться к преподавателю.
- Следует заранее ознакомиться с лабораторными работами, чтобы знать предполагаемые результаты и ход работы.
- Необходимо анализировать свою работу, выделять плюсы и минусы работы в технопарке и особенности выполнения конкретных лабораторных работ, чтобы оперировать этой информацией при защите, обсуждении и выполнении работы.
- Необходимо учитывать, что на выполнение некоторых работ требуется больше времени, чем один академический час.

- Необходимо соблюдать технику безопасности, так как многие работы имеют свои особенности (работа со стеклянными колбами, с нагревательными элементами, работа с электричеством).
- Необходимо корректировать описания лабораторных работ с подробным объяснением о настройке экспериментальных установок и пошаговой инструкцией работы с ними.

Беседа с обучающимися привела к необходимости создания рекомендаций по работе с технопарком универсальных педагогических компетенций. В школьном курсе физики есть большие возможности для приобщения учащихся к работе с технопарком и формирования у них экспериментальных умений.

Приведем примеры заданий для школьников по работе с технопарком.

### Пример 1. Лабораторная работа «Удельный заряд электрона — $e/m$ ».

По результатам эксперимента заполните таблицу.

| Сила тока ( $I$ , А) | Траектория (рисунок) | Радиус | $e/m$ , $10^{11}$ Кл/кг |
|----------------------|----------------------|--------|-------------------------|
|                      |                      |        |                         |
|                      |                      |        |                         |
|                      |                      |        |                         |

#### 2. Вопросы к работе.

- Фамилией какого ученого названа сила, с которой электромагнитное поле действует на точечную заряженную частицу? (Лоренц)
- Как называется аналитический метод, который точно измеряет массу различных молекул в образце? (Масс-спектрометрия)
- Какая величина является силовой характеристикой магнитного поля? (Магнитная индукция)
- Что в ходе эксперимента остается неизменным? (Напряжение)
- По какой траектории двигались заряженные частицы? (По окружности)
- С помощью какого прибора меняется сила тока в ходе эксперимента? (Мультиметр)

#### 3. Задание по описанию установки.

Из каких элементов состоит прибор?

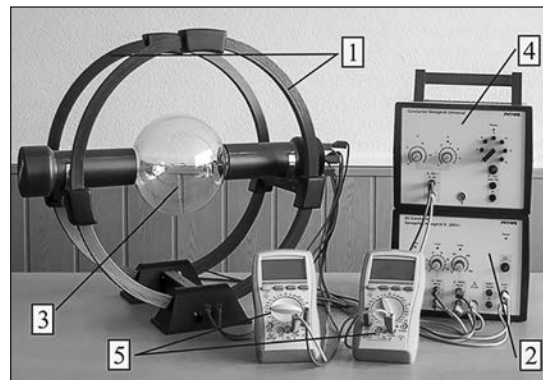


Рис. 1. Задание для школьников по описанию установки

**Пример 2.** Лабораторная работа «Интерферометр Майкельсона».

1. Выполните эксперимент. Определите длину волны света лазера по периодическому изменению интенсивности света в центре интерференционной картины при смещении зеркала  $M_1$ . Затем по формуле, приведенной в описании, вычислите длину волны лазерного источника.

2. Вопросы и задания.

- Дайте определение явления интерференции света.
- Внимательно прочтите текст и заполните пропуски.

«Интерферометр Майкельсона состоит из \_\_\_\_ зеркала, разделяющего входящий луч на два, которые в свою очередь отражаются зеркалом обратно. На полупрозрачном зеркале разделенные лучи вновь направляются в одну сторону, чтобы, смешавшись на экране, образовать \_\_\_\_ картину. Анализируя ее и изменяя \_\_\_\_ одного плеча на известную величину, можно по изменению вида интерференционных полос измерить \_\_\_\_»

- В интерферометре Майкельсона использовалась желтая линия натрия, состоящая из двух компонент с длинами волн  $\lambda_1 = 589,0$  нм и  $\lambda_2 = 589,6$  нм. При поступательном перемещении одного из зеркал интерференционная картина периодически исчезала (почему?). Найдите перемещение зеркала между двумя последовательными появлениями наиболее четкой интерференционной картины.

**Пример 3.** Лабораторная работа «Кольца Ньютона».

В процессе выполнения лабораторной работы рассмотрена установка для демонстрации колец Ньютона, измерены радиусы первых 10 колец, рассчитан радиус кривизны сферического тела, получено значение ... м, что отличается от теоретического ... м на ... %. Связано это с погрешностью линейки и не идеальными условиями выполнения работы.

Вопросы и задания.

1. Внимательно прочтите текст и заполните пропуски.

«Кольца Ньютона — это кольцевые полосы \_\_\_\_ толщины, наблюдаемые при отражении света от поверхностей зазора между стеклянной пластинкой и соприкасающейся с ней \_\_\_\_ линзой. Они наблюдаются при отражении света от соприкасающихся друг с другом плоскопараллельный толстой стеклянной пластинки и плоско-выпуклой линзы с \_\_\_\_\_ радиусом кривизны.

2. Какой ученый открыл явление интерференции света?

А) Френель; Б) Ньютон; В) Юнг.

3. Какое название получила интерференционная картина, имеющая вид концентрических колец?

А) кольца Юнга; Б) кольца Ньютона; В) кольца Гюйгенса.

4. Нарисуйте картину, которую наблюдали; отметьте на ней радиусы, которые измеряли.

5. Выберите два верных утверждения, которые соответствуют содержанию лабораторной работы. Запишите в ответ их номера.

А) Кольца Ньютона возникают вследствие интерференции света, отражающегося только от верхней границы воздушного зазора между двумя очень близко расположенными параллельными поверхностями.

Б) Условия интерференционного максимума зависят от длины волны.

В) Чтобы получить кольца Ньютона, используется установка, состоящая из плоской стеклянной пластины и сферического тела с маленьким радиусом кривизны.

Г) Если параллельные лучи монохроматического света падают на эту установку под пря-

мым углом к ней, получаются чередующиеся светлые и темные кольца с центром в точке, где поверхности соприкасаются.

Д) Интерференционные кольца видны только в отраженном свете.

6. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

| ТЕРМИН                         | ОПРЕДЕЛЕНИЕ                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| А) Интерференция               | 1) Явление, характеризующееся чередующимися в пространстве максимумами и минимумами.                                                                                                    |
| Б) Кольца Ньютона              | 2) Согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов.                                                                                                 |
| В) Монохроматическое излучение | 3) Кольцеобразные интерференционные максимумы и минимумы, появляющиеся вокруг точки касания выпуклой линзы и плоскопараллельной пластины при прохождении света сквозь линзу и пластину. |
| Г) Когерентность               | 4) Излучение волн одной частоты.                                                                                                                                                        |

Ответ:

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |

Таким образом, в условиях работы технопарка универсальных педагогических компетенций студенты знакомились с установками, описывали их, проводили эксперимент, разрабатывали задания для школьников. Конечным продуктом являлась презентация о проделанной работе. В процессе практико-ориентированной подготовки будущих учителей у них формируются необходимые компетенции, позволяющие в дальнейшем достичь успеха в профессиональной деятельности. Разработанная совокупность дидактических материалов, представленная методика проектирования и организации учебных занятий, ее применение в профессиональной подготовке учителей физики способствуют, как показала практика, формированию экспериментальных умений, методической подготовке будущего учителя.

### Литература

1. Антонова Н.А. Практические работы по физике в условиях цифровизации // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2022. № 1 (45). С. 34–40.

2. Антонова Н.А. Профессиональная подготовка будущих учителей физики: формирование цифровых компетенций в рамках учебной практики // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2023. № 1 (49). С. 18–23.

3. Божко Н.Н., Шубина А.С. Опыт включения преподавателей педагогического университета

в реализацию сетевых научно-образовательных проектов с использованием ресурсов технопарка // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2022. № 10(173). С. 56–64.

4. Злобина С.П. Учебные занятия в технопарке Шадринского государственного педагогического университета // Перспективы науки. 2022. № 6(153). С. 97–99.

5. Кондаурова Т.И., Фетисова Н.Е. Особенности подготовки будущих учителей к профессиональной деятельности в условиях технопарка

университета // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2022. № 4 (37). С. 196–199.

6. *Крехалев В.В.* Проблемы организации деятельности детских технопарков в условиях цифровой образовательной среды: на примере технопарка «Северный Кванториум» // Наукосфера. 2022. № 2-2. С. 85–88.

7. *Ледовская Т.В., Солынин Н.Э.* Формирование универсальных педагогических компетенций средствами современных технопарков (на примере социальных УПК) // Преподаватель XXI век. 2022. № 4. С. 75–87.

8. *Милинский А.Ю.* Межфакультетский технопарк универсальных педагогических компетенций как средство профессиональной ориентации школьников на педагогические профессии // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2022. № 4 (206). С. 247–251.

9. *Новикова Н.Н., Кузнецова Т.А., Конов А.Б.* Технопарк «Кванториум» как площадка для

развития регулятивных и коммуникативных учебных действий учащихся // Школа и производство. 2020. № 4. С. 3–12.

10. *Фоминых С.О.* Особенности организации проектной деятельности будущих учителей физики в условиях Технопарка // Казанский педагогический журнал. 2023. № 1. С. 76–82.

11. *Якунчев М.А. и др.* Возможности детского технопарка «Кванториум» для практико-ориентированного обучения школьников / М.А. Якунчев, Н.Г. Семенова, А.А. Кемешева, К.О. Шорина // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 11. С. 233–238. — DOI 10.17513/snt.39427.

12. PHYWE excellence in science [Электронный ресурс] — URL: [https://www.phywe.com/ru/eksperimenty-i-nabory/universitet\\_9228\\_10159/](https://www.phywe.com/ru/eksperimenty-i-nabory/universitet_9228_10159/) (дата обращения: 24.03.2023 г.).

Дата поступления рукописи (Received): 11.06.2023.

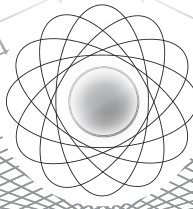
Опубликовано (Published): 17.10.2023.

## Информация

Небольшой астероид, получивший название C9FMVU2, был обнаружен утром 7 сентября 2023 года всего за несколько часов до того, как он пролетел мимо Земли на высоте всего 4002 километра со скоростью 13,6 километров в секунду. Это расстояние составляет примерно 1% расстояния от Земли до Луны. Для сравнения: группировка американских спутников GPS-навигации и позиционирования находится на высоте 20200 километров. Размеры C9FMVU2 малы — около 2 м в длину и 0,9 м в ширину, поэтому увидеть его удалось только в профессиональные телескопы. Наблюдать его можно было только в Северном полушарии, на самом близком расстоянии. Теперь ни один наземный прибор не сможет его обнаружить из-за его элонгации (видимого угла по отношению к Земле), сообщает Европейское космическое агентство (ЕКА). Объект был обнаружен в момент пролета над экватором, а затем над юго-восточной Азией за несколько часов до того, как он достиг ближайшей точки — над Северным Ледовитым океаном в районе архипелага Шпицберген. В настоящее время астероид движется в сторону Солнца, что делает его практически недоступным для наблюдения. Благодаря своим размерам и траектории движения он не представляет для землян никакой опасности.

*Источник:* New-Science.ru <https://new-science.ru/asteroid-proshel-vsego-v-4-tys-km-ot-zemli-cto-v-100-raz-blizhe-chem-luna/>





## ЗАЧЕМ ПЧЕЛАМ ЗНАТЬ ФИЗИКУ, И ПРИЧЕМ ТУТ ЭКОЛОГИЯ?

WHY DO BEES NEED TO KNOW PHYSICS  
AND WHAT DOES ECOLOGY HAVE TO DO WITH IT?

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_28

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>А.Ю. Милинский</b> , д.ф.-м.н., доцент, профессор, Благовещенский государственный педагогический университет, г. Благовещенск, Амурская область;<br>a.milinskiy@mail.ru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>A.Yu. Milinskiy</b> , DrSci (Physics and Mathematics), associate professor, Blagoveshensk state pedagogical university, Blagoveshensk, Amur region;<br>a.milinskiy@mail.ru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Ключевые слова:</b> медоносная пчела, танец виляния, физика, электростатические заряды, колебания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Keywords:</b> honey bee, wobble dance, physics, electrostatic charges, oscillations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Аннотация.</b> В статье рассмотрены основы физических процессов, происходящих внутри пчелиного улья в процессе коммуникации медоносных пчел между собой. Описан танец виляния пчелы как основной способ передачи информации о местонахождении источника нектара. Указывается, что во время танца пчела создает переменные электрические поля определенных частот, при помощи которых информация передается другим пчелам в улье. Приведен список тем школьного курса физики, в которых можно использовать представленные в статье данные | <b>Abstract.</b> The article discusses the basics of physical processes occurring inside a beehive in the process of communication between honey bees. The wagging dance of a bee is described as the main way of transmitting information about the location of the source of nectar. It is indicated that during the dance, the bee creates alternating electric fields of certain frequencies, with the help of which information is transmitted to other bees in the hive. A list of topics of a school physics course in which the data presented in the article can be used is given |

© Милинский А.Ю., 2023

Экологический кризис на нашей планете неизбежно вносит коррективы во все сферы человеческой деятельности. Образование не является исключением, поскольку именно в процессе обучения молодому поколению прививается бережное отношение к природе. Чтобы подчеркнуть масштаб и важность проблемы, на рубеже XIX и XX вв. была создана новая наука — экология. Сегодня активно ведутся дискуссии о необходимости включения в программу средней школы предмета «Экология», а также происходит экологизация содержания учебных предметов.

Физика, являясь наукой о природе, имеет большой потенциал для определения содержания, структурирования и совершенствования экологической составляющей. Сегодня экологическая направленность при изучении физики в средней школе главным образом заключается в рассмотрении природных явлений и определении воздействия деятельности человека на окружающий мир. Однако, как правило, не затрагиваются вопросы, связанные с ролью физических процессов при взаимодействии живых организмов с окружающей средой. Этому, в

частности, посвящено недавно вышедшее учебное пособие Е.Б. Петровой, в котором рассматриваются физические основы биологических процессов, протекающих в теле человека и животных [1].

Остается открытым вопрос о роли физических законов в процессе взаимодействия наиболее значимых для человечества живых организмов с окружающей средой и с другими членами популяции. Автору данной статьи видится наиболее актуальным освещение в курсе физики средней школы физических основ механизмов взаимодействия между собой главных опылителей сельскохозяйственных культур на земле — медоносных пчел. Актуальность определяется критическим положением пчел в настоящее время: резким сокращением их популяции в связи с бесконтрольным применением пестицидов как предприятиями, так и отдельными людьми.

В данной статье рассматриваются физические основы механизмов, с помощью которых медоносные пчелы взаимодействуют между собой в улье, передавая информацию о местоположении источников пищи — нектара. Приведен перечень тем школьного курса физики, в которых можно использовать приведенные в статье сведения.

Одним из самых важных способов взаимодействия пчел между собой является танец пчелы, или танец виляния. Изучение танца виляния как абстрактной формы общения между пчелами впервые описал Карл фон Фриш в 1946 г. Эти работы были сделаны 70 лет назад, но танец виляния пчел до сих пор является для ученых темой пристального изучения [2]. С помощью танца медоносная пчела передает семье информацию о точном местоположении на территории радиусом около 5 км вокруг улья источника пищи — нектара (рис. 1). Пчелы, извлекая информацию из танца и принеся в улей нектар из указанного пчелой места, также танцуют, что усиливает коллективный эффект сбора нектара.



Рис. 1. Медоносная пчела (*Apis mellifera*)

Танец состоит из фазы виляния и фазы возврата. Во время первой фазы пчела раскачивает свое тело из стороны в сторону, двигаясь вперед по прямой линии по вертикальной поверхности сот пчелиных рамок. За каждой фазой виляния следует фаза возврата, во время которой пчела возвращается к начальной точке фазы виляния. Фазы возврата по часовой стрелке и против часовой стрелки чередуются так, что пчела описывает линию, напоминающую восьмерку (рис. 2). Во время фаз виляния и возврата брюшко пчелы принимает исходное верхнее положение (В) и два крайних: левое (Л) и правое (П). Средний угол отклонения последовательных покачиваний относительно силы тяжести приблизительно равен углу между источником нектара и солнечным азимуту, как видно пчелам из летка улья (рис. 2). Продолжительность покачивания (количество покачиваний) определяет расстояние между ульем и источником нектара. Количество потенциального нектара закодировано в темпе танца — ценные ресурсы сигнализируются более короткими периодами возврата.

Не занятые работой пчелы в улье следят за танцами виляния и расшифровывают информацию, содержащуюся в танце. По сути, во время танца пчела передает полярные координаты. Затем они могут покинуть улей для поиска источника нектара согласно полученным координатам местоположения ресурса в поле [3].

Для более глубокого понимания физиче-

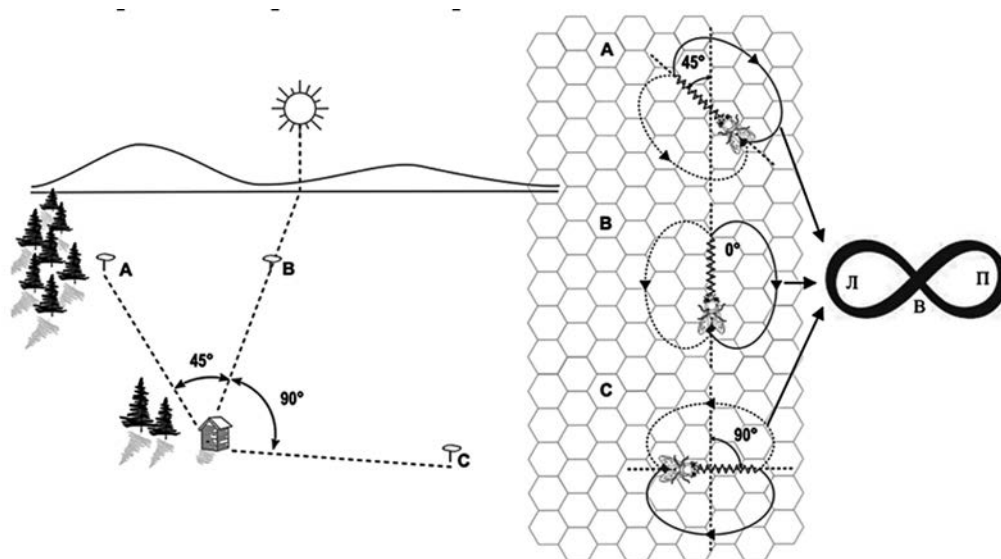


Рис. 2. Связь между параметрами танца виляния пчелы и местоположением источника нектара на поле. Слева — три источника пищи в поле: А —  $45^\circ$  против часовой стрелки, В —  $0^\circ$  относительно азимута и С —  $90^\circ$  по часовой стрелке относительно азимута. Справа показано изображение танцующих пчел на поверхности вертикальных сот. Пунктирная линия — линия действия силы тяжести [2]

ских процессов, происходящих при взаимодействии пчел в улье, необходимо знать некоторые особенности пчелиной семьи. В одной семье в среднем живет 50–60 тысяч пчел. Все они в основном находятся на прямоугольных пчелиных рамках, которые расположены параллельно друг другу. Количество таких рамок может достигать нескольких десятков. Учитывая, что единственным входом в улей является леток — прямоугольное отверстие длиной 10–20 см и высотой около 1 см — в пчелином улье достаточно темно. Пчелы не видят в темноте и к тому же могут находиться в улье достаточно далеко от танцующей пчелы. В связи с этим возникает вполне логичный вопрос — как они расшифровывают информацию из пчелиного танца?

Для ответа на вопрос необходимо вспомнить, что любой диэлектрический предмет при трении способен на себе накапливать электростатические заряды. Это также справедливо и для живых организмов, что впервые было обнаружено Экснером в 1895 г. Он заметил, что перья птиц и волосы млекопитающих хранят электрический

заряд, возникающий в результате трения о другие материалы или о воздух. Хойшманн в 1929 г. выяснил, что кутикула насекомых также накапливает электрический заряд за счет трения. У них, в том числе пчел, воскоподобный слой экзокуткулы обладает высоким электрическим сопротивлением, разделяя внутреннюю и внешнюю части тела, что приводит к накоплению заряда на насекомых при ходьбе или полете. В настоящее время ясно, что такой поверхностный заряд — это биологическое явление, отражающее их движения и движения частей их тела [4].

Поскольку пчелы или части их тела могут находиться в неподвижном состоянии или двигаться, они являются источником постоянных или модулированных электрических полей. Поэтому тело заряженной пчелы всегда окружено статическими и/или изменяющимися во времени электрическими полями. Во время движения пчелы ее крылья и другие части тела могут тереться друг о друга, что приводит к обновлению электрического заряда. Экспериментально установлено, что пчелы, возвращающиеся

в улей с работы, перед посадкой на леток создают разность потенциалов от 0 до 450 В. Во время посадки пчелы рассеивается около 5% заряда. В этой связи даже внутри улья заряд пчелы остается достаточно высоким. Величина электрического заряда медоносных пчел в улье определена экспериментально и составляет от  $-400$  до  $+600$  пКл [4]. Большинство пчел в улье, около 92%, заряжены положительно. Около 7% пчел имеют отрицательный заряд. И только 1% пчел в улье не имеют заряда.

Итак, танцующие в улье пчелы создают не только воздушные потоки, но и являются источниками электрических полей. Другие заряженные пчелы, находящиеся в улье во время танца виляния, находятся под действием переменных электрических полей. Следовательно, их волосы и усики в результате взаимодействия с переменными электрическими полями испытывают колебания такой же частоты. Амплитуды колебания жгутика усиков под действием электрического поля в 10 раз превышают амплитуды, вызываемые воздушными потоками бьющегося во время танца крыла. Пчелы отслеживают колебания своего жгутика усиков с помощью органа Джонстона — механосенсорного хордотонального органа во втором членике усиков. Было обнаружено, что Джонстонов орган реагирует на смещения жгутиков более чем на 10–100 нм под действием электрического поля [5].

Таким образом, детектором электростатических полей являются усики пчелы, отклоняющиеся во внешнем поле. Определение частот колебаний электрических полей, возникающих внутри улья, было выполнено международной группой исследователей [6, 7]. По результатам экспериментов все электрические колебания, зарегистрированные в пчелином улье, были разделены на три следующие вида.

1. Электрические поля, возникающие во время танца виляния пчел. Это сигналы, состоящие из двух компонент с частотами от 5 до 25 Гц, связанные с вилянием брюшной

полости, и с частотами от 190 до 230 Гц, связанные с колебаниями крыльев. Количество покачиваний пчелы за один прогон танца соотносится с расстоянием до источника нектара. Для точного определения местоположения источника пищи количество покачиваний необходимо умножить на 75.

2. Частоты, возникающие из-за вентиляции пчелами воздуха внутри улья в результате взмахов крыльями. Частота этих колебаний лежит в диапазоне 90–120 Гц.

3. Короткоимпульсные сигналы с частотами более 350 Гц. Природу этих колебаний ученым до конца не удалось установить, поэтому необходимы дополнительные исследования.

На рисунке 3 показана запись 12 покачиваний тела пчелы во время танца виляния. Продолжительность всей записи 1800 с (рис. 3а). На рисунке 3б вынесена запись в интервале 600–760 с. Видно, что сигнал содержит высокочастотную часть, соответствующую трем-пяти ударам крыльев и низкочастотную часть, соответствующую покачиванию тела пчелы. На рисунке 3в показан сигнал, возникающий при колебании тела пчелы с указанием его положения.

Таким образом, обмен информацией между пчелами внутри улья о местонахождении главного источника пищи — нектара — происходит при помощи переменных электрических полей. Во время танца виляния пчела создает электрические поля с частотами от 5 до 25 Гц, связанные с вилянием брюшной полости, и с частотами от 190 до 230 Гц, связанные с колебаниями крыльев. Количество покачиваний пчелы за один прогон танца определяет с точностью до постоянного коэффициента расстояние до источника нектара. Угол направления на источник нектара (как видно пчелам из летка улья) определяется средним углом отклонения последовательных покачиваний пчелы во время танца относительно силы тяжести. И наконец, большее количество нектара символизируется более короткими периодами возврата.



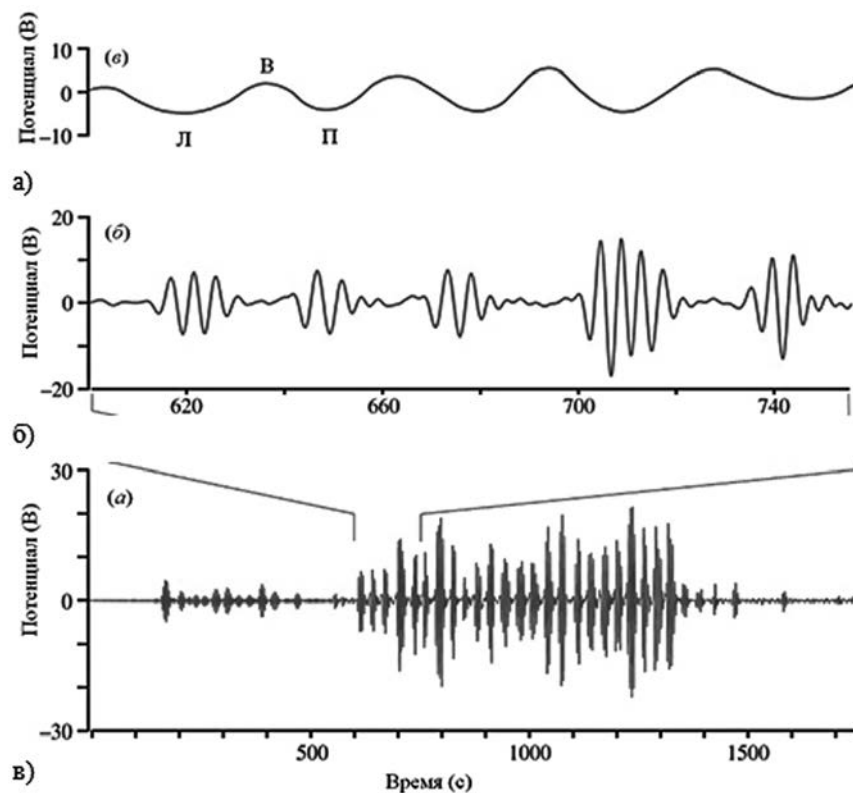


Рис. 3. Запись покачиваний влево-вправо пчелы во время танца виляния [7]

Представленные выше сведения можно использовать при преподавании физики в средней школе. Во-первых, можно провести один или несколько междисциплинарных уроков физика–биология. Во-вторых, представленную в статье информацию можно использовать при преподавании таких тем, как «Механические колебания», «Электро- статика», «Электрические поля».

### Литература

1. Петрова Е.Б. Физические основы биологических процессов: Учебное пособие. — М.: Прометей, 2021. — 234 с.
2. Wario F., Wild B., Rojas R., Landgraf T. Automatic detection and decoding of honey bee waggle dances. *PLoS ONE*. 2017. V. 12. P. e0188626.
3. Toufailya H.A., Couvillon M.J., Ratnieks F.L.W. and Grüter C. Honey bee waggle dance communication: signal meaning and signal noise affect dance follower behavior // *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2013. V. 67. P. 549–556.
4. Colin M.E., Richard D., Chauzy S. Measure-

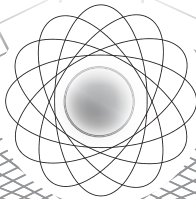
ment of electric charges carried by bees: evidence of biological variations // *J. Bioelectr.* 1991. V. 10. P. 17–32.

5. Tsujiuchi S., Sivan-Loukianova E., Eberl D.F., Kitagawa Y., Kadowaki T. Dynamic range compression in the honey bee auditory system toward waggle-dance sounds // *PLoS ONE*. 2007. Iss. 2. P. e234.

6. Paffhausen B.H., Petrasch J., Greggers U., Duer A., Wang Z., Menzel S., Stieber P., Haink K., Geldenhuys M., Čavojská J., Stein T.A., Wutke S., Voigt A., Coburn J. and Menzel R. The Electronic Bee Spy: Eavesdropping on Honeybee Communication via Electrostatic Field Recordings // *Front. Behav. Neurosci.* 2021. V. 15. P. 647224.

7. Greggers U., Koch G., Schmidt V., Durr A., Floriou-Servou A., Piepenbrock D., Gopfert M.C., Menzel R. Reception and learning of electric fields in bees // *Reception and learning of electric fields in bees* // *Proc. R Soc. B*. 2013. V. 280. P. 20130528.

Дата поступления рукописи (Received): 25.06.2023.  
Опубликовано (Published): 17.10.2023.



# КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ MATHCAD

## COMPUTER VISUALIZATION OF BODY MOVEMENT BY MEANS OF THE MATHCAD APPLICATION SOFTWARE PACKAGE

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23, 74.263.2

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_33

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Б.А. Мукушев</b> , д.п.н., профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; mba-55@mail.ru                                                                                                                                                                                                            | <b>B.A. Mukushev</b> , DrSci (Pedagogy), Professor, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; mba-55@mail.ru                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Ключевые слова:</b> компьютерная визуализация, кинематические параметры траектории движения тела, пакет прикладных программ MathCAD                                                                                                                                                                                                                         | <b>Keywords:</b> computer visualization, kinematic parameters of the trajectory of body movement, a package of MathCAD application programs                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Аннотация.</b> В статье проанализирована процедура компьютерной визуализации движения материальной точки в гравитационном поле вблизи Земли. На основе компьютерных программ, составленных в среде MathCAD, построены траектории движения тела. Изучены кинематические параметры полученных траекторий посредством компьютерных инструментов пакета MathCAD | <b>Abstract.</b> The article analyzes the procedure of computer visualization of the motion of a material point in a gravitational field near the Earth. Based on computer programs compiled in the MathCAD environment, the trajectories of body movement are constructed. The kinematic parameters of the obtained trajectories are studied using computer tools of the MathCAD package |

© Мукушев Б.А., 2023

**Введение.** Использование возможностей компьютерной технологии при изучении физики позволяет в интерактивном режиме осуществить визуализацию различных природных процессов и явлений. На ее основе становится наглядным и видимым перемещение тел в пространстве, тепловое движение молекул и атомов в газах, жидкостях и твердых телах, движение электронов и ионов в проводниках, распад радиоактивных ядер и др.

«Компьютерная визуализация изучаемого объекта — это наглядное представление на экране ЭВМ объекта, его составных

частей или их моделей, а при необходимости — во всевозможных ракурсах, в деталях, с возможностью демонстрации внутренних взаимосвязей составных частей. Компьютерная визуализация изучаемого процесса — это наглядное представление на экране ЭВМ, в том числе скрытого в реальном мире объекта (недоступного для обычного восприятия с помощью органов чувств человека)» [1]. Учебную и исследовательскую работу школьников компьютерная визуализация делает более информативной и насыщенной. В качестве компьютерных инструментов можно

использовать Microsoft Excel, MathCAD, Pascal, C++, Python и др.

Рассмотрим вопросы визуализации механических процессов из кинематики с помощью компьютерной техники. Посредством пакета прикладных программ MathCAD с помощью компьютерной визуализации школьниками исследованы кинематические параметры траектории движения материальных точек и детально рассмотрены их основные элементы.

### 1. Визуализация траектории движения тела в постоянном гравитационном поле

**Пример.** Мальчик бросает мяч в вертикальную стенку так, чтобы он после отскока упал точно к его ногам. Бросок мяча произведен с высоты  $h = 1,5$  м под углом  $45^\circ$  к горизонту, а мальчик находится от стенки на расстоянии  $l = 6$  м. Удар абсолютно упругий. Считать, что  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Размером мяча и сопротивлением воздуха можно пренебречь.

С какой скоростью был брошен мяч? Нужно найти значение скорости мяча при ударе к ногам мальчика и также угол между направлением конечной скорости мяча и горизонтальной плоскостью [2].

**Анализ.** Сначала построим качественную траекторию мяча, изображенную на рисунке 1.

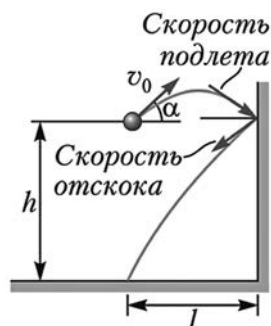


Рис. 1

При упругом ударе о неподвижную стенку угол между нормалью к стенке и скоростью мяча перед ударом равен по величине углу между нормалью к стенке и скоростью

мяча после удара. Обозначим через  $t_0$  время полета мяча. За это время он проходит по горизонтали путь  $2l$ .

Горизонтальная составляющая скорости мяча равна  $v_0 \cos \alpha$  и при полете не меняется по величине, следовательно,  $v_0 \cos \alpha \cdot t_0 = 2l$ .

С другой стороны, в момент времени  $t_0$  вертикальная координата мяча должна обратиться в нуль:

$$h + v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

Исключив из полученных соотношений  $t_0$ , находим, что

$$v_0 = \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{2g}{h + 2l \cdot \tan \alpha}} \approx 10,23 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Дальнейшее рассмотрение этого примера позволяет найти аналитическим способом следующие параметры движения мяча: у ног мальчика мяч ударится со скоростью  $11,58 \text{ м/с}$ . А угол между этой скоростью и горизонтальной поверхностью составляет  $51,7$  градуса.

Хотя задача решена правильно, возникают некоторые вопросы, касающиеся траектории движения мяча.

1. Насколько точно изображена траектория мяча?

2. Как можно использовать компьютерную визуализацию для построения правильной траектории движения мяча?

Используя найденные параметры движения мяча, составим небольшую программу в среде MathCAD (листинг 1).

```

i := 0..12      x1 := i*0.5      g := 9.81

y1i := 1.5 + tan(45 * pi / 180) * x1 - (g * (x1)^2) / (2 * (10.23 * cos(45 * pi / 180))^2)

y2i := tan(51.7 * pi / 180) * x1 - (g * (x1)^2) / (2 * (11.58 * cos(51.7 * pi / 180))^2)

```

Листинг 1

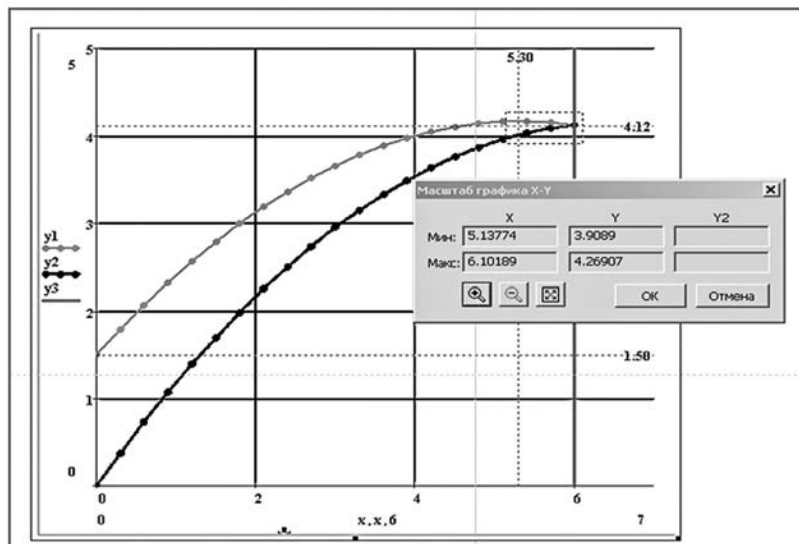


Рис. 2

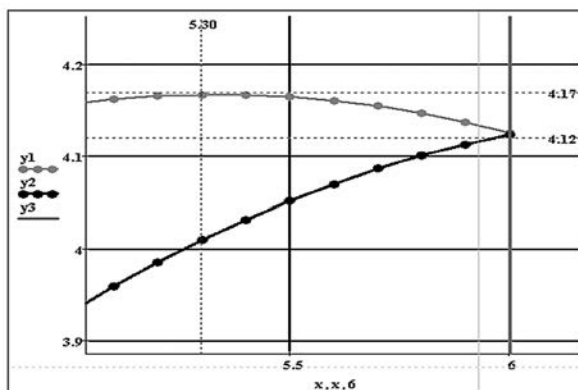


Рис. 3

На рисунке 2 представлены траектории движения мяча с отскоком, полученные посредством компьютерного эксперимента. Верхняя линия — траектория до столкновения мяча со стенкой, а нижняя — после столкновения. Эти траектории мяча позволяют проводить количественный анализ с помощью компьютерной визуализации изучаемого механического явления.

С помощью компьютерного инструмента «Масштаб», которым располагает MathCAD, выделим небольшую площадку около точки отскока мяча (рис. 2). В результате получаем увеличенную картину траектории мяча около точки столкновения (рис. 3).

Изучение результатов компьютерной визуализации этих траекторий позволяет сделать следующие выводы.

1. Построенные траектории посредством качественного анализа и компьютерной визуализации отличаются друг от друга.

2. При исследовании траекторий, полученных на основе компьютерной визуализации, можно определить следующие кинематические параметры движения тела: точка максимального подъема мячика имеет следующие координаты:  $x_{max} = 5,30$  м;  $y_{max} = 4,17$  м; точка столкновения мяча со стенкой имеет координаты  $x_{cm} = 6,00$  м;  $y_{cm} = 4,12$  м.



## 2. Примеры для компьютерной визуализации траекторий движения тел вблизи Земли

**Пример 1.** Тело брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, построить траектории движения тела при  $\alpha = 30, 45, 60$  градусов к горизонту.

*Анализ.* На основе использования известных кинематических уравнений и физических данных составим программу в среде MathCAD (листинг 2).

$$\begin{aligned}
 &v_0 := 20 \quad g_0 := 9.81 \quad \alpha_0 := 15 \cdot \text{deg} \\
 &\Delta t := 0.1 \quad n := 3 \quad i := 0..50 \quad \varphi := 15 \cdot \text{deg} \\
 &\begin{pmatrix} t_0 \\ x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad vx_0 := v_0 \cdot \cos(\alpha_0) \quad vy_0 := v_0 \cdot \sin(\alpha_0) \\
 &k := 0..n \quad \alpha_{k+1} := \alpha_k + \varphi \quad vx_1 := vx_0 \quad vy_1 := vy_0 + g \cdot t_0 \\
 &\begin{pmatrix} t_{i+1} \\ x_{i+1, k+1} \\ y_{i+1, k+1} \end{pmatrix} := \begin{bmatrix} t_i + \Delta t \\ v_0 \cdot t_i \cdot \cos(\alpha_k + \varphi) \\ v_0 \cdot t_i \cdot \sin(\alpha_k + \varphi) - \frac{g \cdot (t_i)^2}{2} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Листинг 2

На рисунке 4 представлена визуализация искомых траекторий брошенного тела под углами к горизонту  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  и  $75^\circ$ .

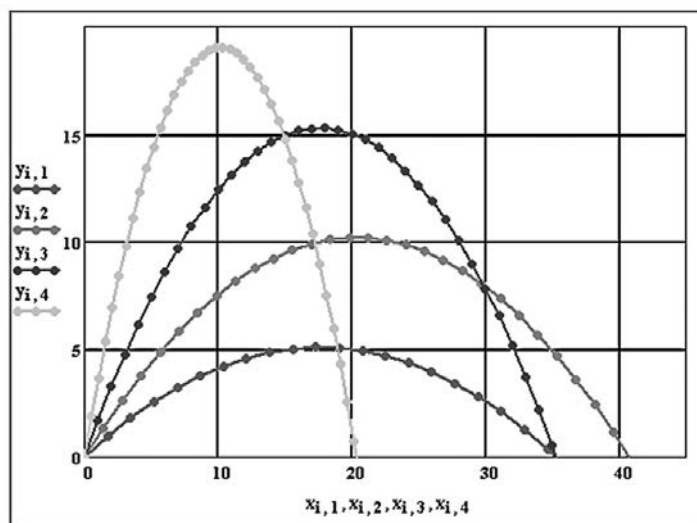


Рис. 4

Проанализировав эти траектории, можно сделать следующие выводы.

1. Максимальная дальность достигается при бросании тела под углом к горизонту  $45^\circ$ .

2. При бросании тела под углом к горизонту  $30^\circ$  и  $60^\circ$  дальность падения брошенного тела оказывается одинаковой.

3. При увеличении угла бросания максимальная высота подъема тела увеличивается в интервале с  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

**Пример 2.** Тело с массой  $m = 10$  кг брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 60$  м/с.

а) Пренебрегая сопротивлением воздуха, построить траектории движения тела при  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту.

б) Построить траектории движения тела при  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с учетом сопротивление воздуха. Формула вязкого сопротивления газа при малой скорости выражается следующим образом:  $F_{\text{тр}} = -rv$ . Коэффициент вязкого сопротивление воздуха равен  $r = 1$  Н·с/м.

*Анализ.* а) На языке программирования MathCAD запишем исходные данные:

$m:=10; g:=9.81; V_0:=60; \alpha:=45 \frac{\pi}{180}$ . Далее составим программу (листинг 3).

Given

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} x1(t) = 0$$

Второй закон Ньютона относительно оси x

$$x1'(0) = V_0 \cdot \cos(\alpha) \quad x1(0) = 0$$

Проекция начальной скорости и координаты на оси x

$$x1 := \text{Odesolve}(t, 100, 500) \quad t := 0, 0.5 \dots 100$$

Given

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} y1(t) + m \cdot g = 0$$

Второй закон Ньютона относительно оси y

$$y1'(0) = V_0 \cdot \sin(\alpha) \quad y1(0) = 0$$

Проекция начальной скорости и координаты на оси y

$$y1 := \text{Odesolve}(t, 100, 500) \quad t := 0, 0.5 \dots 100$$

Листинг 3

Given

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} x2(t) + r \cdot \left( \frac{d}{dt} x2(t) \right) = 0$$

Второй закон Ньютона относительно оси x

$$x2'(0) = V_0 \cdot \cos(\alpha) \quad x2(0) = 0$$

Проекция начальной скорости и координаты на оси x

$$x2 := \text{Odesolve}(t, 100, 500) \quad t := 0, 0.5 \dots 100$$

Given

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} y2(t) + r \cdot \left( \frac{d}{dt} y2(t) \right) + m \cdot g = 0$$

Второй закон Ньютона относительно оси y

$$y2'(0) = V_0 \cdot \sin(\alpha) \quad y2(0) = 0$$

Проекция начальной скорости и координаты на оси y

$$y2 := \text{Odesolve}(t, 100, 500) \quad t := 0, 0.5 \dots 100$$

Листинг 4

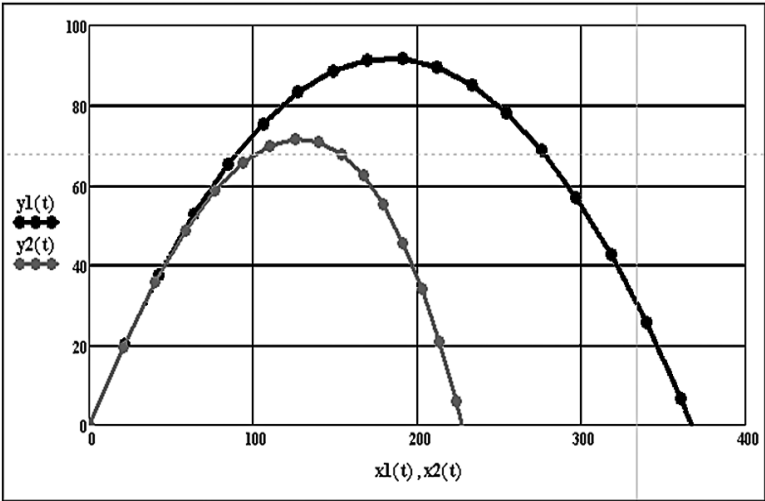


Рис. 5

б) На языке программирования MathCAD запишем исходные данные:  $m:=10$ ;  $g:=9.81$ ;  $V_0:=60$ ;  $\alpha:=45 \frac{\pi}{180}$ ;  $r:=1$ . Для построения траектории мяча в вязкой среде используем следующую программу (листинг 4).

На рисунке 5 приведены вычислительные результаты программ, отраженных в листингах 3 и 4. Траектории мяча в условиях без учета сопротивления воздуха и с учетом вязкого трения воздуха сильно отличаются друг от друга. В первом случае траектория мяча соответствует графику параболы, а во втором случае получаем кривую, которая не является графиком функции.

**Пример 3.** Баллистический пистолет выстрелит упругий мяч с углом к горизонту  $\alpha = 60^\circ$  из укрытия (наклонная плоскость), которое расположено под углом  $\theta = 45^\circ$  к горизонту (рис. 6). Пистолет находится в точке А на расстоянии  $l = 2$  м от основания укрытия (точка В). Начальная скорость мяча равна  $v_0 = 20$  м/с, траектория мяча лежит на плоскости рисунка.

а) Определите максимальную дальность полета мяча  $L_{max}$ .

б) Построить траектории движения мяча посредством ППП MathCAD.

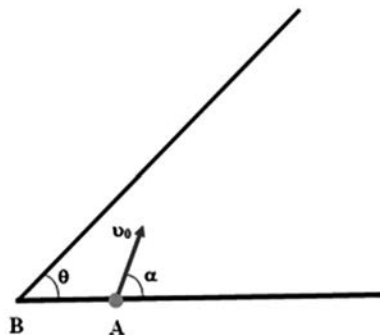


Рис. 6

**Анализ.** а) Используя решения этой задачи, представленной в [3], запишем выражение для  $t$ , за которое мяч долетит до наклонной плоскости:

$$t = \frac{v_0(\sin \alpha - \cos \alpha) \pm \sqrt{v_0^2(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2gl}}{g}.$$

У нас получаются два значения времени:  $t_1 \approx 0,35$  с,  $t_2 \approx 1,14$  с.

За время, равное 0,35 с, мяч долетит до наклонной плоскости (укрытия). Второй раз мяч не пересекается с наклонной плоскостью, значит, значение  $t_2 \approx 1,14$  с не имеет физического смысла.

Нам нужно найти угол между скоростью мяча и горизонтальной плоскостью в точке отскока до столкновения мяча с укрытием. Его обозначим через  $\beta$ .  $\beta = 54^\circ$ ,  $\varphi$  — угол между скоростью мяча и горизонтом в точке отскока после столкновения мяча с укрытием  $\varphi \approx 36^\circ$ .

Уравнение движения мяча после отскока

$$y = h + x \cdot \operatorname{tg} \varphi - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \varphi} x^2.$$

Приравнявая уравнение нулю, находим координату приземления мяча (абсциссу):

$$x = \frac{\operatorname{tg} \varphi \pm \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi + 4 \frac{g}{2v^2 \cos^2 \varphi} h^2}}{\frac{g}{v^2 \cos^2 \varphi}} \approx$$

$$\approx \frac{0,7265 \pm 1,0440}{0,0511}, \quad x_1 \approx 34,85 \text{ м}, \quad x_2 \approx -6,21 \text{ м}.$$

$$L_{max} = 38,35 \text{ м}.$$

б) Используя известные параметры, характеризующие движение мяча, составим небольшую программу в среде MathCAD (листинг 5).

При реализации этой программы мы получим траектории мяча в условиях его отскока от укрытия (рис. 7). Прямая линия соответствует укрытию. В точке с координатами (0; 5,50) происходит отскок мяча от укрытия после начала движения. Пунктирная кривая показывает дальнейшую траекторию мяча при отсутствии укрытия. Сплошная кривая линия — это траектория мяча после отскока. Мяч приземлится в точке с координатами (34,85; 0). С помощью инструмента «Трассировка» найдены координаты точки, соответствующей максимальной высоте подъема мяча (14,00; 10,71). Заметим, что

$$\begin{aligned}
 x1 &:= -5.5..10 & x2 &:= -3.5..0 & x3 &:= 0..35 & x4 &:= 0..10 \\
 y(x1) &:= x1 + 5.5 & z(x2) &:= (x2 + 3.5) \cdot \tan\left(60 \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \frac{9.81 \cdot (x2 + 3.5)^2}{2 \left(20 \cdot \cos\left(60 \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2} \\
 v(x3) &:= 5.5 + \tan\left(36 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot x3 - \frac{9.81 \cdot (x3)^2}{2 \left(17.2 \cdot \cos\left(36 \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2} & w(x4) &:= (x4 + 3.5) \cdot \tan\left(60 \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \frac{9.81 \cdot (x4 + 3.5)^2}{2 \left(20 \cdot \cos\left(60 \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2}
 \end{aligned}$$

Листинг 5

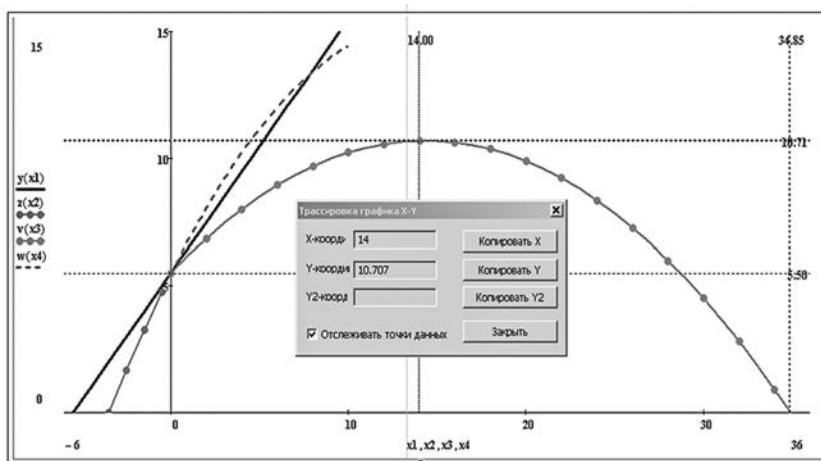


Рис. 7

траектории, построенные с помощью ППП MathCAD, полностью отражают суть и содержание закономерностей движения тела вблизи Земли.

**Пример 4.** Шарик брошен под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с. Необходимо построить имитационную модель (анимацию) движения шарика в пространстве.

**Анализ.** На листинге 6 представлена небольшая программа, составленная в среде MathCAD.

$$\begin{aligned}
 \alpha &:= 45 & V0 &:= 20 & g &:= 9.8 \\
 x(t) &:= V0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t & y(t) &:= V0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} \\
 t1 &:= 0.01 + \text{FRAME} \cdot \frac{\pi}{12} & t1 &:= 0.01 \\
 q(t1) &:= V0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t1 & e(t1) &:= V0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t1 - \frac{g \cdot t1^2}{2}
 \end{aligned}$$

Листинг 6

При реализации процедуры анимации можно воспользоваться материалами статьи автора [4]. На рисунке 8а представлено двухмерное пространство. На рисунке 8б изображен проигрыватель анимации параболического движения шарика.

В заключении отметим, что целенаправленное использование компьютерной визуализации при изучении механического движения тела в постоянном гравитационном поле способствует достижению следующих результатов.

При компьютерной визуализации на экране ЭВМ реализуется наглядная демонстрация внутренних взаимосвязей элементов и составных частей механического движения тела в пространстве.

Траектории движения материальной точки, полученные на основе компьютерной визуализации, могут выступать в качестве ме-



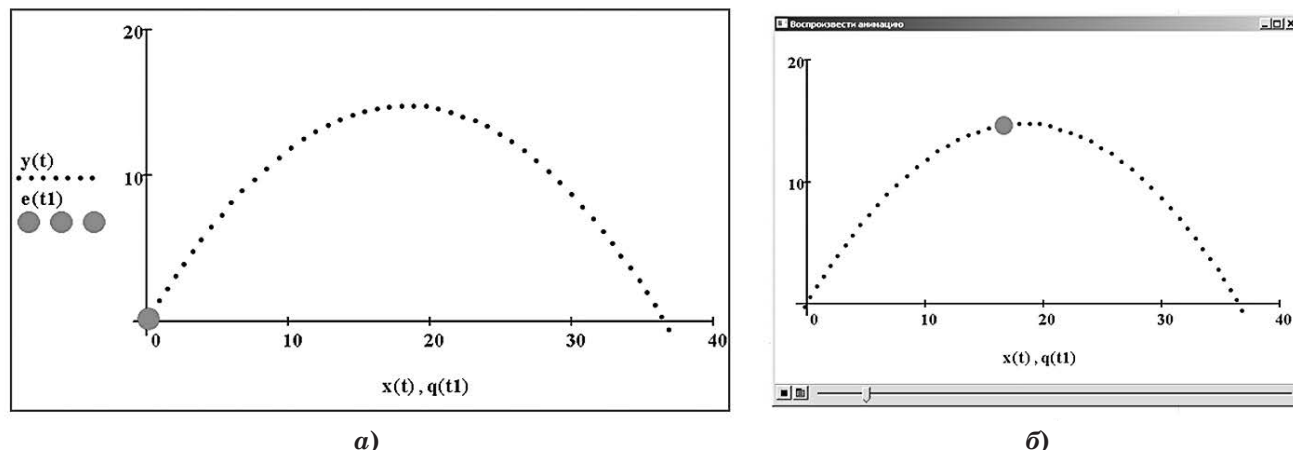


Рис. 8

тогда перепроверки решения и ответа задачи, полученного аналитическим способом.

Имитационное моделирование реализует визуализацию закономерностей динамики движения тела в пространстве.

### Литература

1. Роберт И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании. — М.: Дрофа, 2008. — 312 с.
2. Мукушев Б.А. Движение упругого тела с отскоком // Квант. 2022. № 7. С. 34–41.
3. Мукушев Б.А. Обучение школьников со-

ставлению задач по физике // Учебная физика. 2022. № 3. С. 7–16.

4. Мукушев Б.А. Пакет прикладных программ MathCAD и сфера их применения // Потенциал. 2021. № 11. С. 32–44.

5. Кирьянов Д. MathCAD 14 в подлиннике. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 682 с.

6. Очков В. MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 370 с.

Дата поступления рукописи (Received): 30.06.2023.

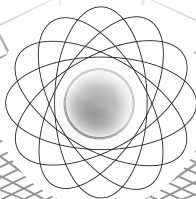
Опубликовано (Published): 17.10.2023.

## Информация

23 августа 2023 года космический аппарат «Чандраян-3» под управлением Индийской организации космических исследований (ISRO) совершил историческую посадку вблизи южного полюса Луны. Ключевой элемент миссии «Чандраян-3» — посадочный аппарат «Викрам» должен был стать стартовой платформой для лунохода «Прагьян» и другого оборудования, предназначенного для исследования Луны.

В недавнем пресс-релизе ISRO сообщила, что посадочный модуль миссии, получивший название «Викрам», зафиксировал неожиданные и беспрецедентные явления. Например, небольшой луноход, находящийся на борту аппарата, неожиданно обнаружил серу.

Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/chandrayan-3-obnaruzhivaet-sejsmicheskie-kolebaniya/>



## ЦВЕТОВЫЕ ОТТЕНКИ И ИХ ПРИРОДНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

## COLOR SHADES AND THEIR NATURAL CONDITION

Научная статья

Scientific article

ББК 22.343

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_41

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>А.Н. Тимофеев</b> , к.б.н., доцент, Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж; <a href="mailto:www72@bk.ru">www72@bk.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>A.N. Timofeev</b> , PhD (Biology), Associate Professor, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh; <a href="mailto:www72@bk.ru">www72@bk.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Ключевые слова:</b> цвет, цветовой тон, таблица цветов, цветовой оттенок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Keywords:</b> color, color tone, color table, color shade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Аннотация.</b> В статье рассматриваются вопросы цвето-восприятия человеком. Описываются природа цвето-вой гаммы и классификация основных цветов, тонов и оттенков. Приводятся физические характеристики света и цвета. Показана динамика цветовых характеристик в зависимости от освещенности и других физических факторов. Характеризуются процессы, обуславливающие изменение цветотонов в результате смешения различных цветов | <b>Abstract.</b> The article deals with the issues of human color perception. The nature of the color range and the classification of primary colors, tones and shades are described. The physical characteristics of light and color are given. The dynamics of color characteristics depending on illumination and other physical factors is shown. The processes that cause a change in color tones as a result of mixing different colors are characterized |

© Тимофеев А.Н., 2023

Распознавание, определение и запоминание сложной красочной гаммы цветов, заполняющей весь объемный предметно-пространственный мир, не простая и не легкая задача, поэтому для ее решения требуется большой объем практических навыков и терпения. Различение красок в массе цветового круговорота природы и человеческого бытия требует немалого опыта, наблюдательности и зрительной памяти. Однако не все люди обладают сразу всеми этими достоинствами зрительного, эстетического и просто обывательского характера. Когда мы говорим и пишем об окраске различных объектов живой природы, предметов быта, объектах научного познания, производства и о многом-многом другом, не видя их, по

существу имеем в виду разные вещи и потому не вполне понимаем друг друга. Сообщая, например, о приобретении или находке в природе какого-либо растительного организма, допустим розового или красного тона или оттенка, заочно, нехотя, обманываем друг друга, так как каждый из нас, порознь, представляет себе «свой» оттенок красного или розового тона, а то и вовсе непохожий ни на тот, ни на другой. Дело в том, что распознаванию оттенков нас не учили с детства и не учат ни в школе, ни в университетах и академиях, и посему в этой проблеме и до настоящего времени много непонимания, несогласованности и разночтения.

**Предметный цвет.** Под предметным цветом мы будем рассматривать окраску

всех предметов, тел, окружающих нас. Окраска любого предмета при дневном свете представляется нам такой, к какой мы привыкли со дня своего рождения. Однако это не совсем так. Возникает вопрос: а какой именно цвет мы принимаем за собственный цвет предмета?

В течение дневного времени, с раннего утра до наступления сумерек, нам, благодаря нашей памяти, кажется, что цвет предмета не изменяется, и в силу этой привычки не замечаем того явления, что цвет предметов постоянно меняется в зависимости от освещения. При этом опять же встает вопрос: когда же мы видим настоящий предметный цвет, коль освещение поминутно меняется, и вообще — существует ли настоящий этот цвет? Конечно же, есть такой цвет. И мы лучше всего воспринимаем, точнее, узнаем его при рассеянном белом свете, главным образом в утренние часы дня. В это время дня мы узнаем предмет именно в его почти собственном цвете, который в живописи принято называть «локальным», т.е. присутствующим именно этому предмету [1, 3].

В природе нет ничего само по себе существующего, независимого друг от друга. В ней все взаимозависимо и взаимообусловлено. Все, что нас окружает, что есть в нас самих, телесное и духовное — это порождение света, а свет — это тепло и цвет. Это две субстанции: первая — невидимая, вторая — видимая, воспринимаемая зрением. Но, тем не менее, и невидимая энергия солнечного света представлена двумя невидимыми излучениями: ультрафиолетовым и инфракрасным, которые не вызывают зрительных ощущений, и их качество воспринимается на физиологическом уровне вне поля нашего зрения.

Видимый нами цвет — это уже качество видимых световых волн, которые, имея определенную «шкалу» длины, строго соответствуют и определенным цветовым ощущениям. Эти цветовые волны, посылаемые на Землю Солнцем, называют солнечным или цветовым (видимым) спектром. Спек-

тральные цвета мы видим невооруженным глазом как редкое явление, вызываемое разложением светового луча при прохождении через преломляющие среды. Эти цвета мы обнаруживаем в предметном спектре — в радуге, в каплях росы, на различных ограненных прозрачных минералах, например, на гранях хрусталя, бриллиантов и др. Такого огромного разнообразия цветовых тонов, воспринимаемых зрением в окружающей нас среде, в этом цветовом спектре нет. Это цветотоновое разнообразие есть порождение спектрального света, ощущаемого зрением в виде пурпурных, розовых, голубых, зеленых, коричневых, бурых, оливковых и множества других сотен тысяч тонов и нюансов [2].

Большая часть красок природы, например, многообразие оттенков зелени листвы, окраска множества цветов растений и животных, гор, морей, цвет неба — это не спектральные тона. Физическая причина этих цветотоновых эффектов заключается в целой сумме излучений с различными длинами волн, составляющих особый, не разлагающийся спектр излучения или, точнее, отражения.

Неразложенный луч солнечного света в зрительных ощущениях остается скрытым от зрения, хотя в учебниках физики его представляют как образец полного спектра. Между тем цвет солнечного луча называют «белым», хотя на самом деле он желтоватый, а белым называют рассеянный дневной свет. Поэтому и говорят «жить на белом свете».

Все непрозрачные тела, предметы абсорбируют часть падающего на них света, а оставшийся, непоглощенный, свет мы воспринимаем как раздражитель и определяем его названием цветотона. Процесс отражения непоглощенного света художники называют «рефлексией».

Таким образом, все главные световые потоки, идущие от различных источников света — Солнца, Луны, различных ламп накаливания, ртутных ламп и др., создавая общее освещение, вызывают множе-

ство отраженных световых потоков, «создают» окраску окружающих нас предметов. Спектр отраженного излучения зависит от материального состояния тела и характера его освещения. Интенсивное, яркое освещение как бы сближает краски освещенных предметов, объединяя их по тональностям. Рассеянный же свет, наоборот, создает условия для проявления типичной предметной многоцветности и условия для различения массы оттенков [4, 6].

Наблюдая окружающую нас среду, можно заметить, что белые предметы в тени кажутся серыми по сравнению с ярко освещенными белыми предметами. Предметы красного, зеленого, фиолетового тонов и в тени остаются красными, зелеными, синими, приобретая лишь темный оттенок. Серые тона отличаются от белых тем, что они темнее белых, а красные, зеленые, синие и фиолетовые тона отличаются от белых и других тем, что одни из них красные, другие зеленые, третьи синие и т. д.

Белых тонов довольно много. Обычная писчая бумага, мел, гипс и др. имеют белый цвет. Но свежевыпавший снег светлее мела, цинковые белила светлее свинцовых. Серых тонов и оттенков тоже немало, начиная от почти черных. И черных тонов и оттенков не меньше, например, черный бархат темнее черного сукна и т. д. А «чисто-черного» цвета не бывает, разве только в условиях эксперимента.

Главными цветотонами являются упомянутые выше красный, желтый, зеленый, синий. Эти четыре цвета составляют известный в физике так называемый «цветовой круг». Во всех остальных известных цветотонах и оттенках всегда присутствует один или два тона из этих четырех [5].

**Цвет и освещение.** Выше мы упоминали об изменчивости цветовых тонов в зависимости от условий освещенности. Все несветящиеся тела отражают падающий на них свет по-разному: белые и серые отражают в большей или меньшей мере как белый, так и любой другой цвет; тела крас-

ные, оранжевые, желтые, синие, зеленые и другие в большей мере отражают свет присущего им цветового тона. Так красные предметы в наибольшей степени отражают красный свет и очень слабо, а то и вовсе не отражают, зеленый. Та часть света, которая от них не отражается, поглощается в их веществе.

Известно, что белый свет разлагается на цветные лучи: красные, красно-оранжевые, оранжевые, желто-оранжевые, желтые, желто-зеленые, зеленые, голубо-зеленые, голубые, голубо-синие, сине-фиолетовые, фиолетовые. Предметы различного цвета, освещаемые белым светом, поглощают часть этих цветных лучей. Зеленые предметы, отражая зеленые лучи и соседние с ними желто-зеленые, желтые, голубо-зеленые и голубые, поглощают полностью или в значительной степени противоположные им по тону красные, красно-оранжевые, оранжевые, красно-фиолетовые, фиолетовые, синие лучи.

Тела, поглощающие полностью или в значительной степени красно-желтые лучи, при электрическом освещении кажутся очень темными или черными. Синий цвет при вечернем искусственном освещении выглядит темнее и приобретает более теплый оттенок. При красном освещении заходящего Солнца все в природе приобретает красный оттенок. Большинство зеленых предметов в высокой степени поглощают красные лучи и при заходе Солнца кажутся почти черными, а зеленая листва приобретает красноватый оттенок, так как частично отражает красный свет [6].

При электрическом освещении: красные, оранжевые и желтые тона светлеют; голубо-зеленые, голубые, синие и фиолетовые — темнеют; светлота желто-зеленых не изменяется; красные тона становятся более насыщенными; оранжевые тона краснеют; светло-желтые тона сближаются с белыми; голубые тона зеленеют и часто почти не отличаются от голубо-зеленых; синие тона теряют насыщенность, слегка краснея; фио-



летовые тона краснеют, иногда их нельзя отличить от пурпурных.

При ярком освещении все светлые тела становятся очень яркими. Темные тела и в особенности самые темные при сильном солнечном освещении становятся яркими настолько, что на их поверхностях можно различать значительно больше цветовых градаций, чем при рассеянном свете. Цвет тел в тени отличается от цвета их освещенной части меньшей яркостью.

Естественной шкалой цветовых тонов является спектр, модель которого, как правило, изображают в виде круга различных модификаций. Поскольку наша работа не является цветоведческой, модификации кругов не рассматриваются. Напомним один вариант, состоящий из четырех «главных цветовых тонов»: красного, желтого, зеленого, синего. Если цветовой круг разделить пополам, чтобы в одну половину вошли красные, оранжевые, желтые и желто-зеленые тона, а в другую — голубо-зеленые, голубые, синие и сине-фиолетовые, то тона первой половины называют «теплыми», а второй половины — «холодными», сведений об этой «температурной» особенности цветовых тонов известно много, поэтому на этом останавливаться не будем, а рассмотрим характерные особенности образования различных цветовых тонов и их переходов по светлоте, насыщенности, яркости и контрастности.

Если к черной краске немного добавить белил, то «черный» тон тут же исчезнет, так как он становится светлее черного, т.е. отличающегося от исходного черного по «светлоте». Здесь следует заметить, что «чисто черного» тона в природе не существует, а то, что мы воспринимаем, верим в его существование, есть сумма всех красок, составляющих в своей сути темно-серый тон. Далее, если к полученной темно-серой массе добавить, например, ультрамарин, то получим новый цветовой тон с той же самой степенью светлоты. Если же к ультрамарину примешивать в различных дозах ту же самую серую смесь, то получим ряд новых тонов, но все

они будут синими, одного и того же цветового тона и той же самой светлоты.

Светлота того или иного цветотона взаимосвязана с физическим явлением — яркостью. Ощущению яркости цвета соответствует «светлота». Яркость падающего или отраженного света — физическая основа светлоты соответствующего цветового тона. Здесь свет как таковой — это излучение, приходящее из пространства. Цвет же принадлежит телу, предмету. Тела не светятся, они не источники света. Но, тем не менее, тела обладают свойством отражения пространственного излучения, которое, попадая в глаз, создает впечатление собственного предметного цвета. В данном случае действует процесс, образно говоря, «обмана зрения». Например, если «сноп» света от прожектора падает на лист белой бумаги, захватывая также и окружающие предметы, мы видим бумагу белой. Но если луч прожектора охватывает только бумагу, не касаясь предметного окружения, лист кажется светящимся, излучая белый цвет. На самом деле в обоих случаях белый лист бумаги излучает один и тот же отраженный от него поток световых волн. Таким образом, слабое излучение воспринимается как цвет, а сильное — как свет.

Всякий цвет в окружении более темных тонов светлеет, а в окружении более светлых — темнеет или изменяет цветовые ощущения. Под воздействием зеленого света ахроматические тона (группы серых) воспринимаются сиренево-розовыми, мало насыщенные зеленые обесцвечиваются, розовые — еще более розовеют, все остальные — кажутся красноватыми, желтые — оранжеватыми, оранжевые — более красными, голубые принимают сиреневый оттенок. Цветовые тона, возникающие на ахроматических полях под воздействием хроматических тонов, называются контрастными. Например, синий цвет создает сильный контраст с оранжевым, оранжевый — с сине-голубым, киноварный красный — с голубо-зеленоватым, зеленый —

с красновато-оранжевым, желтый — с фиолетовым. Если к серому цвету на зеленом фоне добавить немного зеленого, он будет казаться чисто серым.

**Шкала цветовых тонов.** Для структуризации и упорядочения большого разнообразия цветотонов специалистами предложено ввести в научный обиход так называемую таблицу цветовых тонов, включающую 8 колонок цветных изображений [2]. Каждая колонка состоит из 13 квадратов («полей»), обозначенных буквенными символами: А, Б, В ... и т.д. В данном случае каждое поле имеет свой буквенно-цифровой шифр, например, 1А — бурый темный, 2В — серо-оливковый, 4Б — ультрамариновый и т.д. К таблице прилагаются два списка названий: 1) в последовательности расположения полей цветовых тонов на русском и латинском языках, 2) список с шифрами в алфавитном порядке на русском и латинском языках.

Названия цветовых тонов основаны, главным образом, по подсказке В.И. Даля, на фундаменте «великорусского языка». Таблицы «полей» (образцов) цветовых тонов, включающих большое количество оттенков и нюансов, служат не только для любознательного распознавания, определения, получения информации о названии тонов и оттенков, но и, главным образом, для научно-исследовательских работ и практических целей. С полями таблиц сверяют правильность определения окраски объектов живой и неживой природы. Поэтому обращаем внимание потребителей данных таблиц, что сам процесс сравнения тона с тонами сравниваемых предметов следует производить при нормальном дневном освещении в помещениях с отсутствием крупных предметов, которые могут отражать свои тона на исследуемые образцы (рефлексия) и затруднять поиск в таблицах соответствующего тона исследуемого предмета. Это условие должно соблюдаться, так как точность восприятия и определения цветотона зависит главным образом от ближайшего предметного окружения места и объекта

сличения. В среде предметных отношений всегда действует неукоснительный фактор рефлексии (отражение цвета, света) света, отражаемого друг от друга и друг на друга, что, в известной степени, искажает восприятие окраски самих тел, предметов. Самые лучшие условия освещения создает свет рассеянный, т.е. нормальный дневной свет без попадания прямых солнечных лучей на таблицы и предметы сравнения.

Известно, что у всех людей нет одинакового видения цвета, и запоминание множества его тоновых вариаций практически невозможно. И для того, чтобы мы имели относительно одинаковое представление о любом колере или цветовом тоне изучаемого или наблюдаемого объекта, явления, необходимо иметь так называемую «шкалу», или таблицу, цветовых тонов, посредством которой можно легко и относительно точно распознавать, сравнивать тона и оттенки и приходиться, так сказать, «к общему знаменателю». В разговоре о цветовой шкале выясняется, что мало кто из специалистов, работающих в области полиграфии, знают более 10–15 тонов и оттенков. Они опираются на существующие ленточные шкалы под цифровыми индексами, градуированные в процентах или условных единицах, а найти багровый, багряный или тон скарлет не могут. Вот для того, чтобы мы смотрели друг на друга умными, понимающими глазами, и нужна универсальная цветовая шкала. В России первая «Шкала цветов» была разработана известным ботаником П.И. Мищенко в 1916 г., взявшим за основу итальянскую шкалу П. Соккардо. С тех пор она неоднократно совершенствовалась и модифицировалась. Процесс этот продолжается и по сей день.

**Цветовое восприятие глаза человека.** Эволюция зрения началась, как считают специалисты, в протерозойскую эру, более 540 млн лет назад, когда у водных одноклеточных фотосинтезирующих жгутиковых (эвглена зеленая) появился в теле светочувствительный глазок — стигма. С помощью него эвглены не могли различать контуры

объектов, но отличали темные участки водоемов от освещенных, к которым всегда стремились для фотосинтеза. Дальнейшее развитие жизни на Земле сопровождалось появлением новых путей эволюции зрительных систем. Строение глаз современных высокоорганизованных существ столь сложно и разнообразно, что многие сторонники дарвинизма (да в начале и сам Ч. Дарвин) усомнились в эволюции зрительной системы по законам классической эволюционной теории. Человек разумный, как биологический вид, стоящий на вершине эволюционной лестницы, обладает уникальной зрительной системой, включающей не только зрительный анализатор, но и хорошо развитую затылочную область головного мозга, где происходит обработка зрительной информации. Одним из важнейших эволюционных преобразований глаза считается появление цветового зрения благодаря формированию двух морфологических классов рецепторов — колбочек, отвечающих за цветное зрение, и палочек, отвечающих за черно-белое восприятие, в том числе при слабом освещении.

В 1802 г. Томас Юнг (1773–1829) выдвинул предположение о том, что большое разнообразие цветовых оттенков глаз человека фиксирует благодаря всего лишь трем типам воспринимающих свет рецепторов. Русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов за долго до Юнга высказывал сходные мысли. Трехкомпонентную теорию цветовосприятия в окончательном варианте сформулировал Г. Гельмгольц (1821–1894): «Глаз снабжен тремя различными наборами нервных волокон. Стимулирование первого возбуждает ощущение красного, стимулирование второго — ощущение зеленого, а стимулирование третьего — ощущение синего». Теория трехкомпонентного цветового зрения нашла свое подтверждение в экспериментах по комбинированию трех базовых цветов для получения всех возможных цветотонов [7]. Современными исследователями получены данные о том, что в сетчатке глаза человека находят-

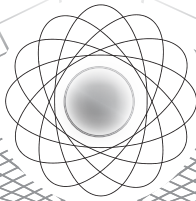
ся три вида колбочек с тремя различными пигментами, поглощающими спектр света в строго определенном диапазоне, максимумы которых соответствуют 437, 533 и 564 нм. Отклонения от этого вызывают цветоаномалии при восприятии реальности.

Дефекты цветового зрения начали описывать более 200 лет назад. Генетически обусловленные болезни, связанные с нарушением цветовосприятия, принято делить на три группы, выделенные на основании врожденного отсутствия в сетчатке глаза одного из трех базовых пигментов: протанопия — отсутствие восприятия красного цвета, дейтеранопия — не воспринимается зеленый цвет, тританопия — нет восприятия синего цвета. Последнее заболевание встречается реже остальных. Терминологию предложил в 1897 г. фон Крис. Самой редкой формой нарушения в этой области является монохроматизм — полное отсутствие цветовосприятия, она обусловлена отсутствием всех колбочковых приемников. В 1794 г., основываясь на собственных ощущениях, Джон Долтон (1766–1844) описал подобные отклонения.

## Литература

1. Алексеев С.С. О цвете и красках. — М.: Искусство, 1954. — 240 с.
2. Бондарцев А.С. Шкала цветов. — М.-Л.: Изд. АН СССР, 1954. — 180 с.
3. Волков Н.Н. Цвет в живописи. — М.: Искусство, 1984. — 320 с.
4. Гоникман Э.И. Лечебная радуга камня. — М.: Изд. «Дом МПС», 2000. — 300 с.
5. Кравков С.В. Цветовое зрение. — М.: Наука, 1951. — 360 с.
6. Максименко В.П., Баум М.В. Цветоведение и колористика / учебно-методическое пособие. — Барнаул, 2017. — 280 с.
7. Орлов О.Ю. Цветовое зрение // Физиология сенсорных систем. Физиология зрения. — Л.: Наука, 1971. — С. 246–270.

Дата поступления рукописи (Received): 09.01.2023.  
Опубликовано (Published): 17.10.2023.



## НА ПУТИ К ОТКРЫТИЮ ЗАКОНА ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА (МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЫТА КЛАВДИЯ ПТОЛЕМЕЯ)

### ON THE WAY TO THE DISCOVERY OF THE LAW OF REFRACTION OF LIGHT (MODELING THE EXPERIENCE OF CLAUDIUS PTOLEMY)

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23, 22.343

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_47

|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ю.В. Масленникова</b> , к.п.н., доцент, зав. кафедрой педагогики и управления образовательными системами, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Н. Новгород; maslennikova.yuliya.61@mail.ru                                            | <b>Yu.V. Maslennikova</b> , PhD (Pedagogy), associate Professor, head Department of pedagogy and management of educational systems, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; maslennikova.yuliya.61@mail.ru                            |
| <b>М.А. Фаддеев</b> , к.ф.-м.н., доцент, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Н. Новгород; faddeev@yandex.ru                                                                                                                             | <b>M.A. Faddeev</b> , PhD (Mathematics and Physics), associate Professor, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; faddeev@yandex.ru                                                                                                   |
| <b>Ключевые слова:</b> экспериментальная задача, историческая реконструкция эксперимента, междисциплинарные связи, исследовательская деятельность учащихся                                                                         | <b>Keywords:</b> experimental task, historical reconstruction of the experiment, interdisciplinary connections, research activity of students                                                                                                  |
| <b>Аннотация.</b> В статье рассматривается предыстория открытия закона преломления света и предлагается модель опыта Птолемея, легко реализуемая на обычном школьном оборудовании в рамках исследовательской деятельности учащихся | <b>Abstract.</b> The article examines the background of the discovery of the law of refraction of light and suggests a model of Ptolemy's experience, easily implemented on ordinary school equipment as part of students' research activities |

© Масленникова Ю.В., Фаддеев М.А., 2023

Раздел «Геометрическая оптика» содержит глубокие междисциплинарные связи с курсом математики и астрономии, поскольку исторически лучевая оптика развивалась как практическое приложение геометрии и астрометрии. Закон прямолинейного распространения света и закон отражения света сформулированы Евклидом в труде «Оптика» (III в. до н.э.). Поведение луча света при переходе в оптически более плотную среду подробно изучалось другим выдающимся представителем эллинистического периода разви-

тия науки — Клавдием Птолемеем (I в. н.э.). Пытаясь учесть атмосферную рефракцию во время астрономических наблюдений, он моделировал ситуацию в ходе эксперимента с кругом, имеющим градусные деления и наполовину погруженным в воду.

Опыт Клавдия Птолемея по исследованию закономерностей преломления света на границе раздела двух прозрачных сред подробно описан как в литературе по истории и методологии физики [1, с. 32–36], так и в учебно-методической литературе [2, с. 267].



Клавдий Птолемей использовал круг, разделенный на  $360^\circ$ . Две линейки могли поворачиваться по кругу вокруг штифта, находящегося в центре круга. Птолемей закреплял нижнюю линейку, погружал круг наполовину в воду. Затем он поворачивал верхнюю линейку до тех пор, пока обе линейки не казались лежащими на одной прямой для глаза, смотрящего вдоль верхней линейки (см. рис. 1). После этого он вынимал круг из воды и записывал значения углов наклона обеих линеек относительно вертикали. Тщательные эксперименты позволили Птолемею измерять углы с точностью до  $0,5^\circ$ .

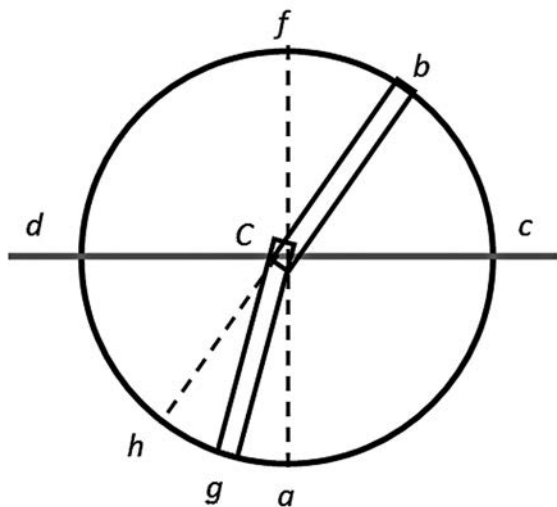


Рис. 1. Схема опыта Птолемея.

С — центр круга,  
cd — уровень воды,  
af — вертикаль,  
Сb — верхняя линейка,  
Сg — нижняя линейка,  
Ch — продолжение верхней линейки

Труд «Оптика» Клавдия Птолемея «содержит таблицы соотношений углов падения и преломления при переходе луча света из воздуха в воду с шагом в  $0,5^\circ$ . Однако Птолемей не нашел общей «формулы» для этих двух рядов чисел» [3, с. 46].

Закон преломления света был сформулирован в XVII веке, благодаря трудам Снел-

лиуса (1621) и Декарта (1637). К тому времени тригонометрия, как раздел математики, уже стояла на прочном основании. Следует отметить, что первые открытые греками тригонометрические соотношения (III–II до н.э.) были сформулированы на языке хорд, поскольку главным полем для приложения результатов плоской тригонометрии у греков была астрономия. Например, «Альмагест» Птолемея содержит обширные пятизначные таблицы хорд для острых и тупых углов с шагом 30 угловых минут [4, с. 266]. Тригонометрическая функция «синус», как соотношение сторон в прямоугольном треугольнике, впервые появилась в индийской математике в IV веке. «Синус» — на санскрите — «тетива» [5], как напоминание о прямой, соединяющей две точки на любой кривой.

Эксперимент, аналогичный эксперименту Птолемея, можно выполнить с помощью доступного оборудования. Целесообразно основным элементом экспериментальной установки взять прозрачный (стеклянный) полуцилиндр, имеющийся в наборе школьного физического кабинета, заменив им часть полукруга, которую Птолемей погружал в воду.

Пусть узкий луч света падает в среднюю точку диаметра полуцилиндра, как показано на рисунке 2.

На границе раздела воздуха и стекла луч преломляется. Преломленный луч распространяется по радиусу, следовательно, падает перпендикулярно цилиндрической поверхности на границе раздела «стекло–воздух» и выходит в воздух без преломления (см. рис. 2).

Целью эксперимента является исследование связи углов падения и преломления (углов  $\alpha$  и  $\beta$  на рисунке 2).

Достаточно точная методика основана на фиксации точек А, С и В с последующим измерением длины отрезков  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$ ,  $b_2$ , показанных на рисунке 2. Это позволяет легко вычислить тангенсы углов  $\alpha$  и  $\beta$ :

$$\operatorname{tg}(\alpha) = a_1 / b_1, \operatorname{tg}(\beta) = a_2 / b_2 \quad (1)$$

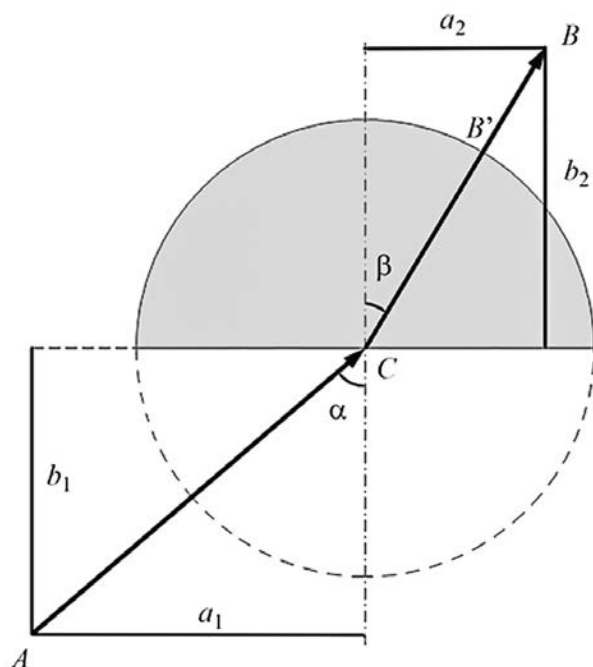


Рис. 2. Прохождение луча света через прозрачный полуцилиндр, затемненный полукруг — полуцилиндр (вид сверху).

Стрелки — лучи света.

С — точка входа луча в полуцилиндр,

В' — точка выхода луча в воздух

С XVII века известно, что закон преломления в простом виде выражается через синусы углов. Воспользовавшись определением тангенса и основным тригонометрическим тождеством легко выразить синус произвольного аргумента  $\varphi$  через его тангенс:

$$\sin(\varphi) = \frac{\operatorname{tg}(\varphi)}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\varphi)}}. \quad (2)$$

Таким образом, измерив на опыте длины отрезков  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$ ,  $b_2$ , следует рассчитать тангенсы и синусы углов  $\alpha$  и  $\beta$  по формулам (1) и (2). Затем вычислить отношение этих синусов. При справедливости закона Снеллиуса это отношение равно показателю преломления прозрачного материала (точнее, относительному показателю преломления).

Основой экспериментальной установки являлась дощечка с наклеенным листом

миллиметровой бумаги. Приблизительно в центре листа был закреплен стеклянный полуцилиндр радиуса  $R = 45$  мм и толщиной  $h = 15$  мм из школьного набора оборудования. Перпендикулярно плоскости листа была установлена вертикальная узкая шкала из миллиметровой бумаги (см. рис. 3).

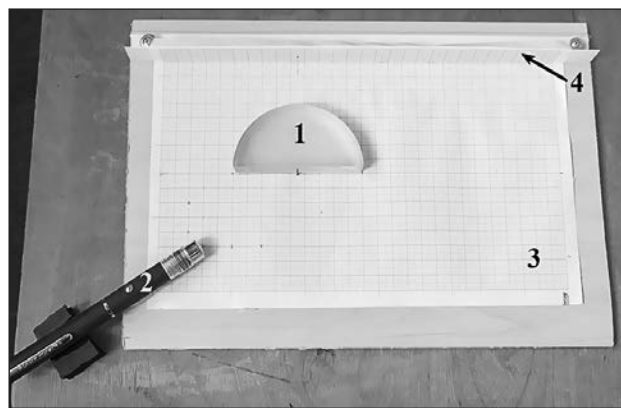


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки.

1 — стеклянный полуцилиндр; 2 — лазерная указка; 3 — лист миллиметровой бумаги; 4 — вертикальная шкала

Для создания луча света использовалась лазерная указка. Луч лазера направлялся в точку С геометрической схемы на рисунке 2.

Выходное окно указки позиционировалось на листе миллиметровой бумаги, что позволяло измерить длины отрезков  $a_1$ ,  $b_1$  и вычислить синус угла падения  $\sin(\alpha)$  по формулам (1) и (3).

Для контроля точности падения луча в точку С в ней был установлен маленький стержень. Луч лазера частично перехватывался стержнем, что наблюдалось по яркому блику на его поверхности (см. рис. 4).

Основной поток лазерного излучения проходил внутрь стекла, преломлялся, выходил наружу (без второго преломления) и давал яркое пятно на вертикальной шкале (см. рис. 4). По положению яркого пятна измерялись длины отрезков  $a_2$ ,  $b_2$  и рассчитывался синус угла преломления  $\sin(\beta)$ .

Отношение синусов углов падения и преломления согласно закону Снеллиуса

$$\sin(\alpha) / \sin(\beta) = n \quad (3)$$

должно равняться относительному показателю преломления  $n$  стекла, из которого изготовлен полуцилиндр.

Для увеличения точности и оценки погрешности результата опыт следует повторить несколько раз. Пример результатов измерений и расчетов приведен в таблице 1.

В последнем столбце записаны отношения синусов  $\sin(\alpha) / \sin(\beta)$ . Видно, что числа различаются только в 3-м знаке. Среднее значение показателя преломления  $n = 1,45$ . Расчет абсолютной погрешности дает число менее 3%. Такой разброс вполне допустим, так как обусловлен погрешностью измерения длины отрезков  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$ ,  $b_2$  с помощью миллиметровой шкалы.

Для сравнения в таблице 2 приведены углы падения и преломления, измеренные Птолемеем, и отношение их синусов.

Среднее значение отношения синусов равно 1,310, что заметно отличается от показателя преломления воды 1,333. Хуже то, что числа последнего столбца имеют значительный разброс, что дает абсолютную погрешность более 9%. Наконец, самое слабое место метода Птолемея заключается в том, что угол преломления определяется по положению линейки, которое «кажется».

Напротив, рассмотренный экспериментальный метод позволяет получить значение показателя преломления с малой погрешностью по малому количеству измерений. Данная экспериментальная задача может быть предложена учащимся в качестве исследовательской работы [6, с. 86–91]. Проверить полученное значение относительного показателя преломления стекла полезно классическим способом, используя плоскопараллельную пластину, изготовленную из того же материала. Эксперимент с такой пластиной также можно вывести на

Таблица 1

### Результаты эксперимента по измерению показателя преломления стекла

| $a_1$ (см) | $b_1$ (см) | $a_2$ (см) | $b_2$ (см) | $\sin(\alpha)$ | $\sin(\beta)$ | $n$  |
|------------|------------|------------|------------|----------------|---------------|------|
| 75         | 20         | 70         | 80         | 0,966          | 0,659         | 1,47 |
| 75         | 40         | 61         | 80         | 0,882          | 0,606         | 1,46 |
| 65         | 50         | 52         | 80         | 0,793          | 0,545         | 1,45 |
| 45         | 50         | 42         | 80         | 0,669          | 0,465         | 1,44 |
| 25         | 50         | 26         | 80         | 0,447          | 0,309         | 1,45 |

Таблица 2

### Результаты опыта Птолемея

| Угол падения $\alpha$ (°) | Угол преломления $\beta$ (°) | $\sin(\alpha) / \sin(\beta)$ |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 10                        | 8                            | 1,248                        |
| 20                        | 15,5                         | 1,280                        |
| 30                        | 22,5                         | 1,307                        |
| 40                        | 28                           | 1,370                        |
| 50                        | 35                           | 1,336                        |
| 60                        | 40,5                         | 1,334                        |
| 70                        | 45                           | 1,329                        |
| 80                        | 50                           | 1,286                        |

исследовательский уровень, предложив учащимся рассчитать траекторию распространения луча при прохождении сквозь пластину, задав значение абсолютного показателя преломления вещества пластины [6, с. 40–45].

Пусть луч света падает на прозрачную плоскопараллельную пластину под углом  $\alpha$ , как показано на рисунке 5. Известны толщина пластины  $h$  и абсолютный показатель преломления вещества пластины  $n$ . Требуется рассчитать траекторию луча света при прохождении сквозь пластину.

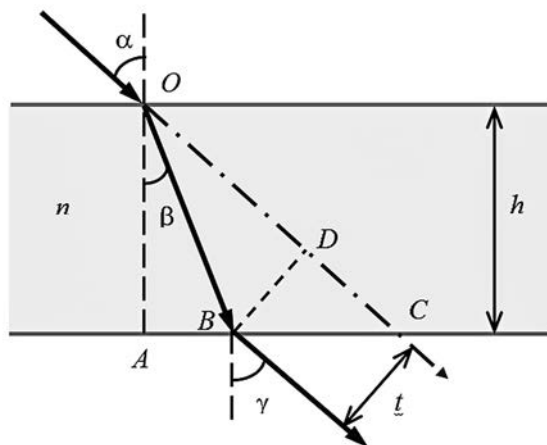


Рис. 5. Схема прохождения света через плоскопараллельную прозрачную пластину.

Стрелки — лучи света, штриховые линии — перпендикуляры к поверхностям пластины, штрих-пунктирная стрелка — продолжение падающего луча, О — точка входа падающего луча в пластину, В — точка выхода преломленного луча из пластины, BD — перпендикуляр, опущенный на продолжение падающего луча

Будем полагать, что пластина находится в воздухе при нормальных условиях. Тогда абсолютный показатель преломления окружающей среды можно с достаточной точностью считать равным единице.

Преломление на первой (входной) поверхности пластины, описывается уравнением Снеллиуса (3):

$$\sin(\alpha) = n \cdot \sin(\beta). \quad (4)$$

Так как  $n > 1$ , то угол преломления  $\beta$  меньше угла падения  $\alpha$ .

Пройдя сквозь пластину, луч преломляется на второй (выходной) поверхности. По схеме на рисунке 5 легко заметить, что угол преломления на входной поверхности и угол падения на выходную поверхность являются накрест лежащими в системе, состоящей из параллельных штриховых линий и секущей, представленной лучом внутри пластины. Следовательно, угол падения на выходную поверхность равен углу  $\beta$ .

Тогда уравнение преломления на выходной поверхности запишется в виде

$$\sin(\beta) = \sin(\gamma) / n. \quad (5)$$

Из системы уравнений (4) и (5) следует, что  $\gamma = \alpha$ . Это означает, что луч света, пройдя через пластину, распространяется далее параллельно падающему, сместившись на некоторое расстояние  $t$  (см. рис. 5).

Смещение луча  $t$  равно длине перпендикуляра  $BD$  (см. рис. 3.3), который является катетом прямоугольного треугольника  $OBD$ . Угол  $AOC$  по построению равен  $\alpha$ , следовательно, угол  $BOD$  равен разности  $\alpha - \beta$ . Тогда смещение  $t$  можно выразить так:

$$t = \sin(\alpha - \beta) OB. \quad (6)$$

Длину отрезка  $OB$  можно получить из прямоугольного треугольника  $OAB$ , где толщина пластины  $h$  является прилежащим катетом относительно угла  $\beta$ :

$$OB = h / \cos(\beta). \quad (7)$$

Подстановка формулы (7) в равенство (6) дает выражение для величины сдвига луча  $t$ :

$$t = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos(\beta)}. \quad (8)$$

Синус разности можно представить по известной тригонометрической формуле:

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin(\alpha) \cos(\beta) - \sin(\beta) \cos(\alpha).$$

Косинусы представляются через синусы с помощью основного тригонометрического тождества,  $\sin(\beta)$  выражается через  $\sin(\alpha)$  по закону преломления (5). В результате формула (8) принимает следующий вид:



$$t = h \sin(\alpha) \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - \sin^2(\alpha)}{n^2 - \sin^2(\alpha)}} \right), \quad (9)$$

где искомое смещение луча выражается через толщину пластины  $h$ , показатель преломления вещества  $n$  и угол падения  $\alpha$  луча света на пластину.

После теоретического анализа задачи целесообразно провести соответствующий эксперимент.

В качестве пластины использовался прямоугольный параллелепипед (брусок) размерами  $78 \times 42 \times 39,2$  мм<sup>3</sup> из плексигласа (рис. 6). Показатель преломления данного материала, согласно справочным данным, равен  $n = 1,49$ .



Рис. 6. Плексигласовая пластина, используемая в эксперименте

Для измерений смещения луча была смонтирована установка, показанная на рисунке 7.



Рис. 8а. Прохождение луча лазера через плексигласовый брусок

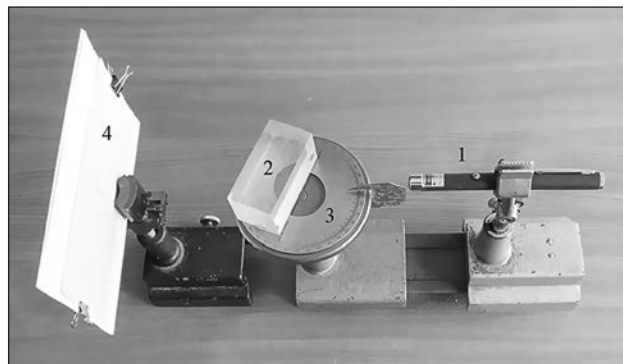


Рис. 7. Общий вид экспериментальной установки. 1 — источник луча света (лазерная указка), 2 — прозрачный брусок, 3 — поворотный столик, 4 — экран

Луч света формировался лазерной указкой (1 на рис. 7). Плексигласовый брусок помещался на поворотном столике с угловой шкалой и указателем (3 на рис. 7) для измерения углов падения луча на грань бруска.

Столик и указка монтировались на рейтерах короткой оптической скамьи, что обеспечивало достаточную точность измерения углов.

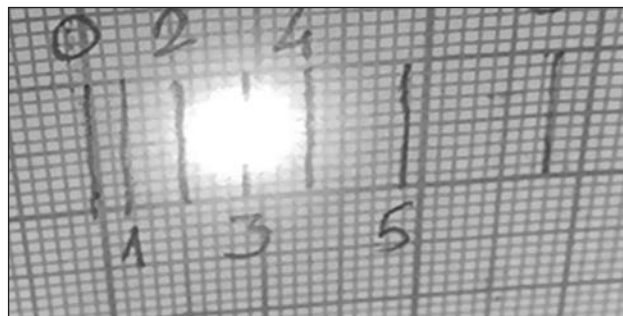


Рис. 8б. Пятно от лазерного луча на экране. Видны карандашные отметки, соответствующие разным углам поворота плексигласового бруска

- 0 – 0°
- 1 – 10°
- 2 – 20°
- 3 – 30°
- 4 – 40°
- 5 – 50°
- 6 – 60°

Таблица 3

**Смещение луча света, проходящего через плоскопараллельную пластину, при разных углах падения**

| Угол падения луча на пластину (град.) | Смещение луча (мм). Расчет | Смещение луча (мм). Эксперимент |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 0                                     | 0,0                        | 0                               |
| 10                                    | 2,3                        | 2                               |
| 20                                    | 4,7                        | 5                               |
| 30                                    | 7,5                        | 8                               |
| 40                                    | 10,8                       | 11                              |
| 50                                    | 14,9                       | 15                              |
| 60                                    | 19,9                       | 20                              |

Для наблюдения за прохождением луча света сквозь пластину использовался вертикальный экран, на котором с помощью зажимов фиксировался лист миллиметровой бумаги (4 на рис. 7).

При прохождении луча света через плексигласовый брусок на экране появлялось яркое пятно (рис. 8а). Центр пятна отмечался карандашом (рис. 8б). Миллиметровая бумага позволяла легко измерить смещение луча света в зависимости от угла поворота бруска.

В экспериментах положение бруска было таково, что толщина пластины равнялась 39,2 мм, которая была измерена штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Измерения смещения проводились для нескольких значений угла падения  $\alpha$ . Результаты экспериментов и расчетов приведены в таблице 3.

В последнем столбце таблицы 3 приведены результаты измерений, в предпоследнем — результаты расчета по формуле (9) на основе данных — толщины пластины  $h$  и ее показателя преломления  $n$ . Наблюдается совпадение численных значений в пределах допустимых погрешностей.

Хорошее совпадение теоретических расчетов с результатами эксперимента убеждает учащихся в объективности физических законов. Дополнительная информация учи-

теля и яркие примеры широкого применения открытых закономерностей в астрономии и многих прикладных науках создает позитивный настрой для проведения дальнейших исследований.

### Литература

1. Гамов Г. Великие физики. От Галилео до Эйнштейна. Как были сделаны самые значимые научные открытия. — М.: Центрполиграф, 2021. — 383 с.
2. Знаменский П.А. Лабораторные занятия по физике в средней школе. Ч.2. — М., Л.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1955. — 264 с.
3. Лебедев В.И. Исторические опыты по физике. — М.: КомКнига, 2006. — 312 с.
4. Выготский М.Я. Справочник по элементарной математике. — М.: Наука, 1978.
5. Юшкевич А.П. История математики в Средние века. — М.: ГИФМЛ, 1961. — 488 с.
6. Масленникова Ю.В., Фаддеев М.А. Экспериментальные задачи по физике. Геометрическая оптика: учебное пособие. — Н. Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2021. — 100 с.

Дата поступления рукописи (Received): 31.03.2023.  
Опубликовано (Published): 17.10.2023.

## ЕЩЕ РАЗ О ВЕСЕ ВОЗДУХА

## ONCE AGAIN ABOUT THE WEIGHT OF AIR

Краткое сообщение

Short message

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_54

|                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>В.В. Акопов</b> , учитель физики, МКОУ «СОШ № 6», с. Полтавское Курского района Ставропольского края                                                                                                           | <b>V.V. Akopov</b> , physics teacher of «Secondary School No. 6», village of Poltavskoye, Kursk district, Stavropol Territory                                                                                 |
| <b>Т.В. Кудяева</b> , учитель физики, МКОУ «Школа-интернат», с. Русское Курского района Ставропольского края                                                                                                      | <b>T.V. Kudayeva</b> , physics teacher of the «Boarding School», Russian village of the Kursk district of the Stavropol Territory                                                                             |
| <b>Ключевые слова:</b> стеклянный шар, масса, вес, насос Комовского, воздушный шар, электронные весы, матерчатый мешок, рычажные весы                                                                             | <b>Keywords:</b> glass ball, mass, weight, Komovsky pump, balloon, electronic scales, cloth bag, lever scales                                                                                                 |
| <b>Аннотация.</b> В статье анализируются два способа измерения веса воздуха. В связи с актуальностью данной проблемы поставлена следующая цель исследования: определить, какой из способов эффективен и безопасен | <b>Abstract.</b> This article analyzes two ways to measure the weight of air. Due to the urgency of this problem, the following research goal is set: to determine which of the methods is effective and safe |

© Акопов В.В., Кудяева Т.В., 2023

Воздух — важнейший источник жизни на Земле. Воздух нужен человеку, животным и растениям, чтобы дышать, а значит, чтобы жить.

Возникает вопрос: почему воздух обладает весом? Потому что на воздух, как и на любое тело, которое находится на Земле, действует сила тяжести, и следовательно, воздух обладает весом.

Возникает еще один вопрос: какие физические величины необходимо знать, чтобы определить вес воздуха при данной температуре? Этой физической величиной будет являться масса. Тогда, зная массу воздуха, определим вес воздуха по формуле:  $P = mg$ , где  $g$  — ускорение свободного падения.

Рассмотрим первый способ.

Для того чтобы определить массу воздуха, необходимо взять прочный стеклянный шар с пробкой и резиновой трубкой с зажимом. Выкачаем насосом Комовского из шара воз-

дух, зажмем трубку зажимом и уравновесим на электронных весах. Затем, открыв зажим на резиновой трубке, выпустим в шар воздух. Равновесие весов при этом нарушится. Для его восстановления придется положить на другую чашу весов гири, масса которых и будет равна массе воздуха в объеме шара [1].

Какие недостатки этого способа?

1. В отличие от рычажных весов на электронных весах массу воздуха можно получить с точностью до миллиграммов.

2. Так как весь воздух из шара откачать нельзя, следовательно, значение массы воздуха будет неточным.

3. При этом способе возможны нарушения техники безопасности. Поэтому:

— перед началом работы необходимо внимательно осмотреть стеклянный шар, чтобы убедиться в том, что на стекле нет трещин и царапин;

- при откачивании воздуха стеклянный шар должен находиться в матерчатом мешке, тесьма мешка должна быть затянута и завязана;
  - перед началом откачки необходимо убедиться, какой из ниппелей насоса Комовского является всасывающим;
  - категорически запрещается нагнетать воздух в стеклянный шар.
- Рассмотрим второй способ.

Для того, чтобы измерить массу воздуха, необходимо взять воздушный шар (сплю-

щенный) и взвесить его вместе с зажимом. Затем надуть этот шар, закрыть зажимом и взвесить. Вычтя из массы шара с воздухом массу воздушного шара (сплющенного), получим массу воздуха в воздушном шаре.

Таким образом, измерение веса воздуха вторым способом безопаснее и более объективно.

### Литература

1. *Пёрышкин А.В.* Физика: 7 класс: учебник. — М.: Дрофа, 2019. — 224 с.

## Информация

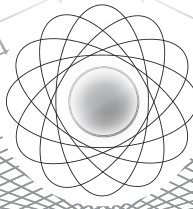
### Эксперимент MOXIE завершает работу на борту Perseverance

С 2021 года на борту марсохода Perseverance NASA проводит эксперимент с помощью MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilisation Experiment). MOXIE — это прибор (его размеры примерно с тостер, масса 17 кг), который производит кислород на планете Марс. Он впервые сделал это в апреле 2021 года. 7 сентября NASA объявило, что он был включен в последний раз и произвел 9,8 г кислорода. Этот эксперимент окончательно доказал, что производство кислорода на Марсе возможно, и что эта технология будет иметь решающее значение для будущих марсианских исследований. За время своей миссии он был активирован 16 раз, произведя в общей сложности 122 г кислорода. Это соответствует количеству кислорода, которым дышит небольшая собака в течение 12 часов. При максимальной эффективности MOXIE производил 12 г кислорода за один час работы, что свидетельствует о том, что данная технология может обеспечить производство кислорода, необходимого космонавту. Это количество более чем в два раза превысило объем, первоначально запланированный NASA. После завершения этого эксперимента NASA работает над созданием усовершенствованной и более эффективной версии MOXIE 2.0. Она будет представлять собой систему, способную как добывать кислород, так и сжигать и хранить его. Получение кислорода на Марсе будет необходимо не только для выживания космонавтов, но и для питания ракет, которые доставят их на Землю. Прибор, аналогичный MOXIE, только увеличенный в размерах, мог бы производить около 1 кг кислорода в час при массе в одну тонну. За три земных года такой прибор мог бы произвести 25 т кислорода. Для того чтобы сократить это время до шести месяцев, потребуется всего пять-шесть таких приборов.

Как работает MOXIE? Он не извлекает кислород, содержащийся в марсианской атмосфере, где он составляет около 0,16% состава. Остальное — это углекислый газ (95%), азот (2,6%) и аргон (1,6%). MOXIE собирает именно CO<sub>2</sub>, затем расщепляет его, сохраняет кислород и выделяет угарный газ. Для осуществления такого преобразования он использует твердооксидный электролиз, сжимая и нагревая собранную марсианскую атмосферу. Этот процесс протекает при очень высоких температурах — до 800°C. Поэтому конструкция MOXIE такова, что он должен выдерживать такие температуры и быть максимально изолированным от остальных частей марсохода. Некоторые компоненты изготовлены из никелевого сплава, который поддерживает как нагрев, так и охлаждение собираемых газов. Для отражения инфракрасного излучения он имеет внешнее золотое покрытие. По расчетам NASA, для пребывания на планете четверем астронавтам в течение года потребуется около 1 т кислорода, а для того чтобы покинуть Марс — около 7000 кг ракетного топлива и 25000 кг кислорода.

*Источник:* New-Science.ru <https://new-science.ru/kislorodnyj-eksperiment-moxie-zavershaet-rabotu-na-bortu-perseverance/>





## ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

## TASKS AND QUESTIONS

Физика в школе. 2023. № 7. С. 56–59

Physics at School. 2023. No. 7. P. 56–59

# ТЕРМОДИНАМИКА: РЕШАЕМ ЗАДАЧИ НА КОМПЬЮТЕРЕ

## THERMODYNAMICS: SOLVING PROBLEMS ON A COMPUTER

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23, 74.263.2

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_56

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>В.Ф. Очков</b> , д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва; ochkovvf@mpei.ru                  | <b>V.F. Ochkov</b> , DrSci (Technical Sciences), Professor, Moscow Power Engineering Institute (National Research University); ochkovvf@mpei.ru |
| <b>Ю.В. Чудова</b> , к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва; cudovayv@mpei.ru                    | <b>Y.V. Cudova</b> , Dr, Ass. professor, Moscow Power Engineering Institute (National Research University); cudovayv@mpei.ru                    |
| <b>Ключевые слова:</b> давление, температура, закон идеального газа, параметры реального газа                                      | <b>Keywords:</b> pressure, temperature, ideal gas law, real gas parameters                                                                      |
| <b>Аннотация.</b> Излагаются приемы решения школьных задач по термодинамике с использованием современных информационных технологий | <b>Abstract.</b> Methods for solving school problems in thermodynamics using modern information technologies are outlined                       |

© Очков В.Ф., Чудова Ю.В., 2023

В настоящее время задачи, даже школьные, все чаще и чаще решаются на компьютере.

Давайте рассмотрим, как *легко* и *просто* решить задачу по физике из раздела «Термодинамика» с помощью свободно распространяемого отечественного пакета SMath, который можно на пару минут скачать с сайта [www.smath.com](http://www.smath.com).

Методист здесь, конечно, сразу возразит, что *легкость* и *простота* — это не совсем то, что нужно школьному образованию. При этом будут упомянуты две поговорки: «Тяжело в ученье — легко в бою!» и «Иная простота хуже воровства!». Мы такому методисту ответим в конце статьи.

На рисунке 1 показан скачанный из интернета скан ручного расчета типичной задачи, связанной с *уравнением состояния*

*идеального газа*. Ручного, в смысле того, что расчет сделан ручкой на листе бумаги, и в том смысле, что не был использован компьютер, а только калькулятор (современное понимание термина ручной расчет). А задача такая: найти массу природного горючего газа объемом  $64 \text{ м}^3$ , считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного газа считать равной молярной массе метана ( $\text{CH}_4$ ).

Под сканом решения на рисунке 1 показано два варианта решения задачи: компьютерный повтор ручного решения (1) и решение (2) с использованием функции, возвращающей плотность метана («D» — density) в зависимости от температуры («T») и давления («P»). Соответствующую функцию с именем CoolProp\_Prop вместе с другими функциями с префиксом CoolProp неслож-

|                                                                                                                                                        |                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Дано:</p> $t = 0^\circ\text{C}$<br>$p = 1013 \text{ Па}$<br>$V = 64 \text{ м}^3$<br>$R = 8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$<br>$m = ?$ | <p>СИ:</p> $101300 \text{ Па}$ | <p>Решение:</p> $T = 0^\circ + 273 = 273 \text{ К}$<br>$M_{\text{CH}_4} = (12 + 4 \cdot 1) \cdot 10^{-3} = 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$<br>$pV = \frac{m}{M} RT$<br>$m = \frac{pVM}{RT}$<br>$m = \frac{101300 \text{ Па} \cdot 64 \text{ м}^3 \cdot 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}} \approx 47,5 \text{ кг}$<br>$\left[ \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{моль} \cdot \text{К}}{\text{Дж}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \text{кг} \right]$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Дано:

$$T := 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ К} \quad p := 1 \text{ атм} = 1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad V := 64 \text{ м}^3 \quad R_m = 8,3145 \frac{\text{Дж}}{\text{К моль}}$$

Решение 1:

$$M_{\text{CH}_4} := (12 + 1 \cdot 4) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad p \cdot V = \frac{m}{M_{\text{CH}_4}} R_m \cdot T \quad m := \frac{p \cdot V \cdot M_{\text{CH}_4}}{R_m \cdot T} = 45,69 \text{ кг}$$

Решение 2:

$$\rho_{\text{CH}_4} := \text{CoolProp_Props}("D"; "T"; T; "P"; p; "CH_4") = 0,7175 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m := V \cdot \rho_{\text{CH}_4} = 45,92 \text{ кг}$$

Рис. 1. Решение задачи с опорой на уравнение состояния идеального газа

но загрузить из интернета и прикрепить к пакету SMath через команды меню Сервис, Дополнения и Галерея онлайн. После этого эти функции станут встроенными. Полная информация об этих функциях находится на сайте [www.coolprop.org](http://www.coolprop.org).

Получено три разных ответа: 47,5, 45,69 и 45,92 кг. Разница в первых двух ответах (47,5 и 45,69 кг) вызвана тем, что в ручном расчете используется округленное до 8 Дж/(моль К) значение универсальной газовой постоянной<sup>1</sup>. В среде же SMath счет

ведется с опорой на неокругленную встроенную константу с именем  $R_m$ , которая в расчет не вводится оператором: = (присваивание), а выводится для контроля «на печать» оператором =.

Округление можно отметить и в переводе температуры, заданной по относительной шкале Цельсия. Используется число 273, вместо более правильного 273,15 (сдвиг шкал Цельсия и Кельвина). Имеется еще один нюанс, связанный с температурой. В ручном расчете задействованы две переменные с именами  $t$  и  $T$ , хранящие значения температуры по относительной шкале Цельсия и по абсолютной шкале Кельвина. В среде SMath ведется автоматический перевод всех введенных значений в базовые единицы СИ. Поэтому использование двух переменных для хранения температуры

<sup>1</sup> На школьных уроках физики учителя рекомендуют также округлять до 10 м/с<sup>2</sup> значение ускорения свободного падения. Слава богу, на уроках математики учителя не разрешают школьникам работать с округленными до 3-х значениями числа  $\pi$  и числа  $e$ .



Для построения графика в среде SMath необходимо создать матрицу с двумя столбцами (значения аргумента — первый столбец, значения функции — второй столбец) и со строками, хранящими дискретные значения аргументов и функций. На рисунке 2 такие матрицы имеют имена *MT1* и *MT2*. Для их создания используется встроенная в SMath функция *augment*, соединяющая в матрицу два и более вектора. До этой операции значение аргумента табулируется с указанием первого, второго и последнего значений аргумента. Инструмент такого табулирования показан на рисунке 2 — соответствующая кнопка в панели **Матрицы**. Аргументы функции *augment* желательно лишить размерности. Первый аргумент (температура) переводится в шкалу Цельсия, что отображено на графике. Без этого шкала абсцисс на графике была бы градуирована в кельвинах. Если у второго аргумента в знаменателе записать не кг, а, например, т, то шкала ординат будет градуирована в тоннах, а не в килограммах (умолчание). Такими несложными действиями можно выбирать единицы измерения на шкалах графика. Символ «Стрелочка

направо» над вторым аргументом функции *augment* — это оператор векторизации, заставляющий последовательно производить нужные действия над элементами вектора.

Функция под графиком на рисунке 2 возвращает температуру кипения (конденсации) метана при атмосферном давлении. Параметр “*Q*” — это степень сухости, который может меняться от нуля (жидкость на линии насыщения) до единицы (сухой насыщенный пар). Этот параметр не влияет на температуру насыщения, поэтому в формулу, показанную на рисунке 2, можно поставить любое число в интервале от нуля до единицы.

### Выводы в виде ответа методисту

Да, использование современных информационных технологий позволяет легко и просто решать, в том числе и школьные, задачи по термодинамике. Но с другой стороны, они открывают заманчивые возможности усложнения задач, приближения их к реальным.

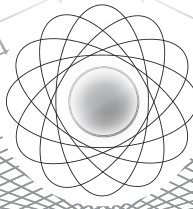
Дата поступления рукописи (Received): 30.03.2023.  
Опубликовано (Published): 17.10.2023.

## Информация

Зонд индийской миссии Чандраян-3 обнаружил сейсмические колебания на Луне, что является первым случаем в истории лунных исследований. Эти показания, снятые зондом «Викрам», могут дать новые ключевые данные о составе и внутренней активности естественного спутника Земли. Следствия этого открытия весьма обширны: от понимания лунных геологических явлений до подготовки будущих исследовательских миссий.

Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/chandrayan-3-obnaruzhivaet-sejsmicheskie-kolebaniya/>





ПОНЯТИЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА  
В ШКОЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

THE PROBLEM OF SPACE DEBRIS IN THE SCHOOL PROGRAM

Научная статья  
ББК 74.262.26, 22.657  
УДК 372.853

Scientific article  
DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_7\_60

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>П.А. Левкина</b> , к.ф.-м.н., Московский педагогический государственный университет, ИНАСАН, Москва; pa.levkina@mpgu.su                                                                                                                                                                                                                                        | <b>P.A. Levkina</b> , PhD, Moscow Pedagogical State University, Moscow; pa.levkina@mpgu.su                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Ключевые слова:</b> космический мусор, космонавтика, техногенное засорение космоса, околоземное космическое пространство, школьная программа                                                                                                                                                                                                                   | <b>Keywords:</b> space debris, aerospace, technogenic space pollution, near-Earth space, school program                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Аннотация.</b> Статья содержит рекомендации для учителей средних общеобразовательных школ по включению в программу занятий некоторых аспектов проблемы космического мусора. Обсуждаются теоретическая и практическая части занятий. Рассмотрены варианты обсуждения проблемы при различном количестве учебных часов и возможности проведения элективного курса | <b>Abstract.</b> The article contains recommendations for teachers on including some aspects of the space debris problem in the school program. The theoretical and practical part of the lessons are discussed. Options for a different number of teaching hours and opportunities for an elective course are considered |

© Левкина П.А., 2023

**Введение.** Активное освоение космоса человеком привело к образованию в космическом пространстве нового класса объектов — искусственных спутников Земли (ИСЗ), а со временем спутников и других планет Солнечной системы. Вместе с полезной нагрузкой при каждом запуске в космос выводятся также сопутствующие объекты — ступени ракет-носителей, разгонные блоки и др. Эти объекты вместе с прекратившими работу спутниками (и их фрагментами — последствиями разрушений на орбите) остаются в космосе — часто очень продолжительное время — и абсолютно бесполезны. При активной эксплуатации околоземного

космического пространства (вокруг Земли вращаются орбитальные станции, спутники связи, научные спутники и космические телескопы, метеорологические аппараты и т.д.) происходит постоянный рост числа искусственных спутников Земли самых разных размеров, и большую часть объектов на орбите составляют бесполезные объекты — космический мусор. Таким образом, процесс техногенного засорения космоса, в первую очередь околоземного, идет постоянно, и ему способствуют даже возвращаемые (многооразовые) аппараты.

Осознание экологических последствий космических запусков [1] привело к необ-

ходимости изучения свойств околоземного космического пространства (ОКП), разработке систем мониторинга за искусственными объектами [2], созданию моделей популяции космического мусора. В настоящее время сразу в нескольких странах разрабатываются методы борьбы с космическим мусором непосредственно на орбите [3–5]. Околоземный космос стал новой средой жизнедеятельности человека, и с каждым годом появляется все больше новых знаний об этой среде.

В данной статье обсуждается возможность затронуть отдельные аспекты проблемы космического мусора в школьной программе.

**Актуальность проблематики.** Человечество уже много лет живет на пике своей активности в космосе. Мы запускаем исследовательские аппараты к далеким кометам [6], изучаем планеты-гиганты в высоком разрешении [7], следим за Солнцем в реальном времени [8], смотрим во Вселенную с помощью космических телескопов [9]. Все больше стран запускает в космос научно-исследовательскую аппаратуру и средства связи. Буквально только что еще одна страна доставила на поверхность Луны спускаемый аппарат [10]. Благодаря освоению космоса мы больше знаем о нашей планете, о ее происхождении и о процессах, происходящих на Земле прямо сейчас. Растущая популяция искусственных объектов на орбите (и космического мусора в том числе) наглядно демонстрирует научно-технический прогресс и любопытство человека.

Вместе с тем неконтролируемое техногенное засорение космоса чревато опасностью разрушений функционирующих спутников в случае столкновения с космическим мусором. В отсутствие действенных способов глобального очищения космоса осуществляется мониторинг (непрерывное слежение) за искусственными объектами на орбитах Земли. Множество наблюдательных пунктов по всему миру собирают траекторную инфор-

мацию об объектах космического мусора. На основе полученной информации строятся модели движения ИСЗ и космического мусора, рассчитываются вероятности будущих сближений и столкновений с действующими спутниками и космическими станциями.

Аспекты проблемы космического мусора, включенные в работу на уроке, могут способствовать развитию интереса школьников к астрономии и космонавтике, а также послужить в качестве дополнений к отдельным темам естественнонаучных дисциплин. Можно перечислить следующие.

1. Физика и астрономия: закон всемирного тяготения, космические скорости, законы Кеплера.

2. География: строение и значение атмосферы для Земли, границы атмосферы.

3. Экология и окружающая среда: экологические аспекты космической отрасли, околоземное космическое пространство как не возобновляемый природный ресурс.

**Планирование урока.** Среди основных аспектов проблемы космического мусора для рассмотрения на уроке можно перечислить следующие.

1. Источники засорения космоса. Определение понятия космического мусора [11].

2. История развития популяции космического мусора [12]. Текущее состояние ОКП [13, 14]. Прогноз развития процесса засорения ОКП [2, 15]. Для наглядности предлагается использовать актуальные графики роста популяции космического мусора и диаграммы, прогнозирующие состояние ОКП на годы вперед.

3. Почему это является проблемой. Факторы риска (большая продолжительность пребывания на орбите, высокая скорость движения, плотность объектов в отдельных областях пространства). Вероятность катастрофического столкновения с действующими аппаратами, с обитаемыми космическими станциями [2]. Предлагается подробно обсудить особо значимые факторы риска, которые привносит в ОКП космический мусор.

4. Методы противодействия и уменьшения последствий засоренности [2]. Предлагается рассмотреть применяемые в настоящее время методы борьбы — орбита захоронения для геостационарных спутников, естественное очищение низких орбит за счет атмосферного торможения, новые стандарты космических запусков, предполагающие рациональное использование космоса, ведение баз данных искусственных объектов и регулярный мониторинг ОКП.

Для наглядности рекомендуется использовать на уроках медиаресурсы, а именно визуализацию каталога космических объектов, с помощью которой ученик может сам сделать вывод о серьезности рассматриваемой проблемы [16–18].

Непосредственное ознакомление ученика со строением и состоянием ОКП может быть также оформлено в виде лабораторной работы для самостоятельного выполнения на уроке или в качестве домашнего задания<sup>1</sup>.

Для расширенного рассмотрения темы в обсуждение на уроке могут быть включены следующие аспекты.

1. Строение околоземного космического пространства. Классификация орбит космического мусора по форме, высоте и наклону к плоскости экватора [2, 19]. Предлагается рассмотреть подробнее характеристики различных классов космического мусора, выявить различия, оценить всевозможные степени рисков.

2. История столкновений и разрушений в космосе на реальных примерах [2, 20]. Самые крупные разрушения, столкновения и взрывы в ОКП сопровождались подробными наблюдениями, позволяющими проанализировать само событие и его влияние на обстановку в ОКП. Рассмотрение реальных случаев катастроф в космосе выводит проблему на осязаемый и осознаваемый уровень.

3. Понятие каскадного эффекта (синдром

Кесслера) [2, 21]. Предлагается упомянуть на уроке один из прогнозов развития популяции космического мусора, в критической массе приводящий к каскадному эффекту домино, при котором дальнейшее освоение космоса и эксплуатация космической техники на орбите Земли станут невозможными.

4. Каталоги ИСЗ и космического мусора. Системы контроля космического пространства [1, 2]. Каталогизация искусственных объектов — неотъемлемая часть эффективного мониторинга текущей обстановки в ОКП. Подобно каталогам звезд, туманностей, астероидов и других космических тел предлагается дать понятие о базах данных искусственных объектов. Помимо земных орбит могут быть упомянуты спутники, вращающиеся на орбите Луны, аппараты, запущенные для исследования Солнечной системы.

Перечисленные четыре пункта также могут стать основой проектной деятельности учащихся.

В рамках дополнительного специального курса в рассматриваемые вопросы по теме космического мусора могут быть включены следующие.

1. Влияние космической погоды на естественное очищение низких орбит [22]. Речь идет об изменении атмосферных характеристик во время максимумов солнечной активности, когда спутники на низких орбитах начинают погружаться в атмосферу значительно быстрее. Предлагается рассмотреть процесс схода искусственного объекта с орбиты Земли в атмосферу и факторы, приводящие к этому.

2. Наблюдение космического мусора с поверхности Земли [1, 2]. Благодаря непосредственным наблюдениям искусственных объектов с Земли осуществляются сопровождение космических запусков, мониторинг текущего состояния ОКП. Данные наблюдений позволяют прогнозировать движение искусственных объектов, рассчитывать время входа в атмосферу и заранее оценить

<sup>1</sup> Описание предлагаемой лабораторной работы будет дано в следующих номерах журнала.

вероятность столкновения с действующими спутниками. Предлагается дать начальные сведения о том, как осуществляются эти наблюдения, и привести их цели.

3. Понятие эволюции орбит объектов космического мусора. Научный подход к решению проблемы [23–25]. Предотвращение столкновений в космосе возможно при наличии знаний о закономерностях движения объектов в гравитационном поле Земли. Благодаря наблюдениям неконтролируемых объектов ученые уточняют характеристики ОКП и параметры возмущений, влияющих на движение этих объектов. Эти знания необходимы для высокоточного прогнозирования движения космического мусора.

Три последних пункта предполагают углубленное изучение теории движения искусственных спутников Земли и могут быть применены в специальном инженерном курсе для будущих абитуриентов технических специальностей по направлениям «космонавтика», «баллистика», «космическая геодезия» и т.д.

**Заключение.** Обсуждение на уроке актуальной проблемы, стоящей перед человечеством, направлено на развитие интереса учащихся к естественнонаучным дисциплинам. В зависимости от доступного количества учебных часов проблема космического мусора может быть представлена на уроке как на начальном уровне — в качестве примера в соответствующих темах курса физики, так и более расширенно — в качестве начального введения в околоземную астрономию. Проблема космического мусора может быть освещена в проектной деятельности и в ряде лабораторных работ.

## Литература

1. Назаренко А.И. Моделирование космического мусора. — М.: ИКИ РАН, 2013. — 216 с. (Серия «Механика, управление и информатика»).
2. Вениаминов С.С., Червонов А.М. Космический мусор — угроза человечеству. — М.: ИКИ РАН, 2012. — 192 с.
3. Yueneng Yang, Wenjun Hu, Zhiyan Liu. Configuration design and collision dynamics analysis of flexible nets for space debris removal // *Acta Astronautica*. 2023. V. 211. P. 249–256.
4. Scharring S., Kästel J. Can the Orbital Debris Disease Be Cured Using Lasers? // *Aerospace*. 2023. V. 10. Iss. 7. P. 633.
5. Ledkov A., Aslanov V. Active space debris removal by ion multi-beam shepherd spacecraft // *Acta Astronautica*. 2023. V. 205. P. 247–257.
6. The European Space Agency. Rosetta factsheet [Электронный ресурс]: [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Rosetta/Rosetta\\_factsheet](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta/Rosetta_factsheet).
7. NASA's Juno: Science Results Offer First 3D View of Jupiter Atmosphere [Электронный ресурс]: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-juno-science-results-offer-first-3d-view-of-jupiter-atmosphere>.
8. The Sun now [Электронный ресурс]: <https://soho.nascom.nasa.gov/data/realtime/realtime-update.html>.
9. Ring nebula by James Webb Space Telescope [Электронный ресурс]: <https://webbtelescope.org/contents/media/images/01H82G0PP38P6PBXQ11BEVSMY0>.
10. Chandrayaan-3 is on its journey to the moon [Электронный ресурс]: [https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3\\_Details.html](https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3_Details.html).
11. Левкина П.А. Проблема космического мусора // *Физика для школьников*. 2023. № 3, С. 43–48.
12. Orbital Debris Quarterly News. NASA Orbital Debris Program Office. 2023. V. 27. Iss. 1. P. 12–13 [Электронный ресурс]: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqn-v27i1.pdf>.
13. Space debris by the numbers [Электронный ресурс]: [https://www.esa.int/Space\\_Safety/Space\\_Debris/Space\\_debris\\_by\\_the\\_numbers](https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers).
14. ESA's Space Environment Report 2023 [Электронный ресурс]: [https://www.esa.int/Space\\_Safety/ESA\\_s\\_Space\\_Environment\\_Report\\_2023](https://www.esa.int/Space_Safety/ESA_s_Space_Environment_Report_2023).
15. The current state of space debris [Электронный ресурс]: [https://www.esa.int/Space\\_Safety/Space\\_Debris/The\\_current\\_state\\_of\\_space\\_debris](https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/The_current_state_of_space_debris).



16. [Электронный ресурс]: <http://astria.tacc.utexas.edu/AstriaGraph/>.

17. Space Debris Viewer [Электронный ресурс]: [https://www.dlr.de/sc/en/desktopdefault.aspx/tabid-12766/22301\\_read-51854](https://www.dlr.de/sc/en/desktopdefault.aspx/tabid-12766/22301_read-51854).

18. [Электронный ресурс]: <http://wayfinder.privateer.com/>.

19. Наблюдение искусственных спутников Земли. Глава 2: Какие орбиты и ИСЗ бывают? [Электронный ресурс]: <http://www.sat.belastro.net/glava2/glava2.php>.

20. Fragmentation event database statistics [Электронный ресурс]: <https://fragmentation.esoc.esa.int/home/statistics>.

21. The Kessler Syndrome As Discussed by Donald J. Kessler [Электронный ресурс]: <https://aquarid.physics.uwo.ca/kessler/KesSym.html>.

22. Wild solar weather is causing satellites to plummet from orbit [Электронный ресурс]: <https://www.space.com/satellites-falling-off-sky-solar-weather>.

23. Space debris — evolution in pictures [Электронный ресурс]: [https://www.esa.int/About\\_Us/ESOC/Space\\_debris\\_-\\_evolution\\_in\\_pictures](https://www.esa.int/About_Us/ESOC/Space_debris_-_evolution_in_pictures).

24. Киладзе Р.И., Социлина А.С. Теория движения геостационарных спутников. — С.-Петербург, 2008. — 132 с.

25. Аксёнов Е.П., Чазов В.В. Модель движения ИСЗ. Главная проблема. Основные алгоритмы. — М., 2007. — 188 с.

Дата поступления рукописи (Received): 20.08.2023.

Опубликовано (Published): 17.10.2023.

## Информация

### Чем определяется размер градин?

Град может иметь размеры от нескольких миллиметров до более чем 20 см и представлять собой как небольшие белые шарики, так и настоящие гигантские ледяные шары. Что определяет этот размер? Чаще всего он составляет от 0,5 до 1 см. Однако бывали и исключения. Например, крупные градины размером до 20,3 см наблюдались в Южной Дакоте (США) в 2010 году и, по сообщениям, более 23 см в Аргентине в 2018 году.

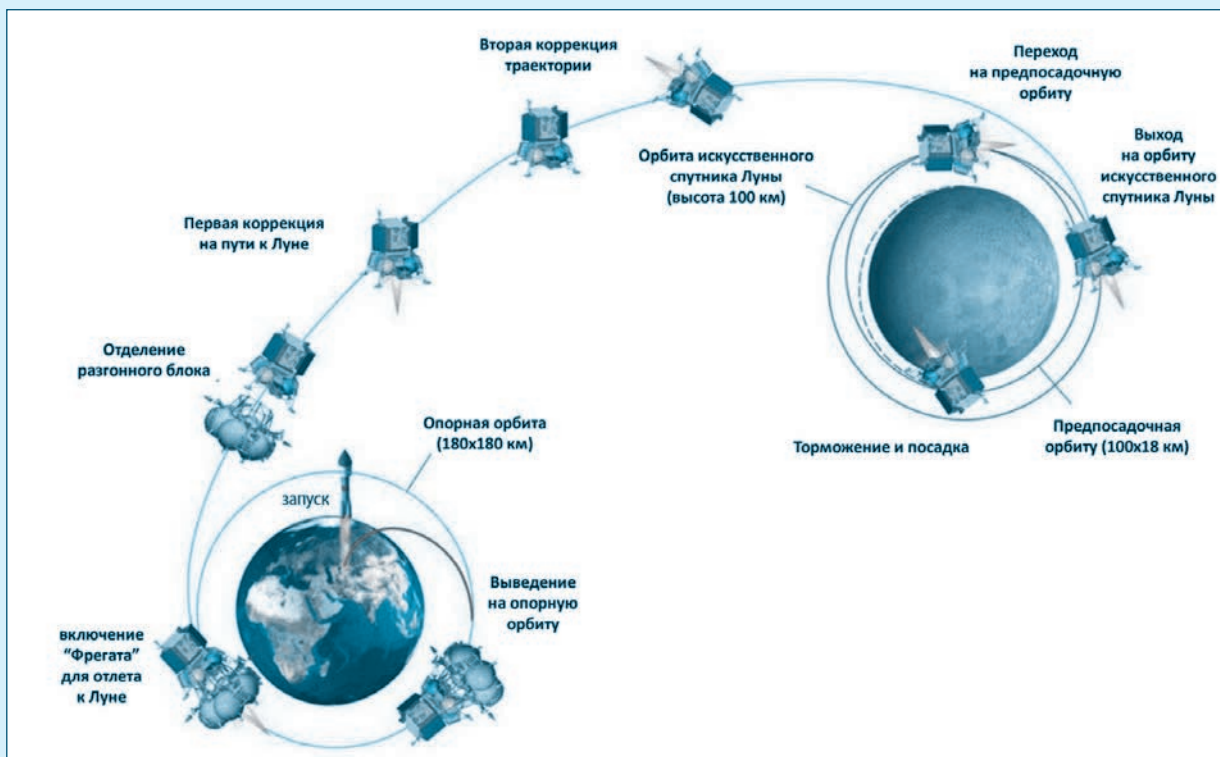
Размер градин определяется ветром внутри грозы, а также температурой. В наиболее сильных грозовых облаках образуются сильные восходящие потоки: мощные ветры поднимаются к вершинам кучево-дождевых облаков. Эти облака заряжены влагой, и водяной пар конденсируется, образуя водяные капли. Чем сильнее восходящие потоки, тем выше поднимаются эти капли. Они несколько раз подряд поднимаются в виде градин к вершине облака, лед слипается. В результате он становится настолько тяжелым, что падает вниз.

На размер градин влияет и разница температур между поверхностью Земли (теплой) и вершинами облаков (холодными). Чем она больше, тем сильнее облака вытягиваются вверх. Вершины кучево-дождевых облаков могут достигать 12 км, а в наиболее сильные грозы в Африке и Аргентине — 15–18 км.

Таким образом, на величину градин влияют сильнее облачные потоки и большие разницы температур.

Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/chem-opredelyaetsya-razmer-gradin/>

# Миссия «Луна-25»



Ракета-носитель должен был вывести аппарат на незамкнутую опорную орбиту. После краткой фазы пассивного полета разгонный блок двумя включениями двигательной установки направлял спутник на траекторию перелета к Луне и отделялся. Этап полета от старта до прибытия к спутнику Земли, аппарат должен был затормозить при помощи собственной двигательной установки и выйти на круговую окололунную орбиту высотой 100 км. После этого он должен был провести измерение фактических параметров орбиты и выполнить один или два маневра для формирования посадочной орбиты с перигеем высотой 12–18 км и апогеем высотой 90–110 км.

Запуск автоматической станции «Луна-25» был выполнен 11 августа 2023 года в 02:10:57 по московскому времени с космодрома Восточный с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1б» и разгонного блока «Фрегат». Ракета-носитель отработала в штатном режиме, разгонный блок отделился от третьей ступени ракеты и вывел автоматическую станцию на траекторию перелета к Луне. 16 августа 2023 года станция «Луна-25» была успешно выведена на окололунную орбиту. 19 августа 2023 года, по предварительным данным, вследствие отклонения фактических параметров импульса двигательной установки от расчетных станция сошла с орбиты и разбилась о поверхность Луны.

Фото на первой странице обложки: на изображении, полученном космическим телескопом Хаббл, нависает галактика ESO 300-16. Эта галактика, расположенная на расстоянии 28,7 миллионов световых лет от Земли в созвездии Эрида, представляет собой скопление звезд, напоминающее сверкающее облако. Другие далекие галактики и звезды на переднем плане сделаны усовершенствованной камерой для обзоров.

## ПОДПИСКА 2024. I ПОЛУГОДИЕ

### Подписывайтесь на журнал «ФИЗИКА В ШКОЛЕ»!

Издается с 1934 года. Входит в перечень ВАК

Статьям журнала присваивается DOI



Журнал  
«ФИЗИКА В ШКОЛЕ»  
с разделом «Астрономия»  
Подписной индекс

**P1611**

Комплект журналов  
«ФИЗИКА В ШКОЛЕ»  
и «ФИЗИКА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ»

Подписной индекс

**P4996**

### ВНИМАНИЕ!

Комплекты журналов  
**со скидкой**

«ФИЗИКА  
В ШКОЛЕ»  
и  
«ФИЗИКА ДЛЯ  
ШКОЛЬНИКОВ»  
Подписной  
индекс — P4996



Оформляйте подписку на ПЕЧАТНЫЕ ЖУРНАЛЫ издательства «Школьная Пресса»:

○ В любом почтовом отделении по каталогу **«Подписные издания. Почта России»**

○ На сайте «Почта России»:

<https://podpiska.pochta.ru/publisher/349226>

Открыть ссылку приложением «Камера»



○ Урал-Пресс: <http://www.ural-press.ru>

○ На сайте издательства **SCHOOLPRESS.RU**

Оформляйте подписку на ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПЕЧАТНЫХ ЖУРНАЛОВ:

○ Вы можете подписаться на наши журналы через электронно-библиотечные системы:  
• Ивис - [ivis.ru](http://ivis.ru) • Руконт - [rucont.ru](http://rucont.ru) • eLIBRARY.RU – Научная электронная библиотека

○ Подписка на электронные версии печатных журналов оформляется на сайте [schoolpress.ru](http://schoolpress.ru) **СКИДКА 500 РУБ. С КАЖДОГО НОМЕРА!**

Электронная версия позволяет: получать журнал быстрее,  
экономить средства за подписку и доставку.  
Доставка журнала: pdf-файл – на e-mail подписчика.

Открыть ссылку  
приложением  
«Камера»



**ВНИМАНИЕ!** Вы можете купить отдельную статью и любой номер журнала  
(в т.ч. за прошедшие годы) в электронном виде на сайте [www.schoolpress.ru](http://www.schoolpress.ru)

Тел.: +7(495) 619-52-87, 619-83-80. E-mail: [periodika@schoolpress.ru](mailto:periodika@schoolpress.ru)

ISSN 0130-5522



07

9 770130 552236

Физика в школе, 2023, № 7, 1–64

ISSN 0130-5522

