

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

8 2024

ФИЗИКА **В ШКОЛЕ**

Какую форму имеет линза

Комплект для изучения прямолинейного движения

Раздел «Астрономия»

Эффективность внедрения виртуальной среды «РНЕТ»
при объяснении законов Кеплера

Журналу
90 лет!

Третья международная конференция по космическому образованию «Дорога в космос»

С 1 по 4 октября 2024 года в Москве проходила конференция по космическому образованию «Дорога в космос». Это уже третья конференция, которая проводится на базе Института космических исследований РАН.

В официальной сессии приняли участие член-корреспондент РАН, профессор РАН Андрей Витальевич Наумов, член Координационного совета профессоров РАН, член-корреспондент РАН Анатолий Алексеевич Петрукович, директор ИКИ РАН, профессор Михаил Юрьевич Беляев, заместитель руководителя научно-технического центра ОАО «РКК “Энергия”» Глеб Сергеевич Федоров, главный продюсер АНО «Национальные приоритеты» Дмитрий Александрович Шишкин.

Видеоприветствие и поздравление для участников конференции прислал генеральный директор Государственной корпорации по космическим исследованиям «Роскосмос» Юрий Иванович Борисов.



Интересными и насыщенными стали секции с докладами: в каждой блоке были подробно раскрыты темы открытых космических технологий, образования, экспериментов и успешных проектов, которые реализуются в данный момент. Преподаватели школ поделились опытом работы с учениками в космических классах и лабораториях, а также представили новые интересные проекты, концепции космического парка, школьной обсерватории и астрокружка.

После рабочих сессий состоялся показ фильмов Фестиваля актуального научного кино с участием приглашенных экспертов, которым можно было задать вопросы по теме фильмов. Вот тематика представленных фильмов:

- «Охотник за метеоритами» (приглашенный эксперт — Тимур Валериевич Крячко, астроном, исследователь метеоритов, главный герой фильма);
- «“Союз”–“Аполлон”. Сила притяжения» и «Год в “Звездолете”» (приглашенные эксперты: Лев Матвеевич Зеленый, академик РАН, научный руководитель ИКИ РАН, и Марк Самуилович Белаковский, кандидат медицинских наук, заведующий отделом ГНЦ ИМБП РАН);
- «Ближе к звездам» (приглашенный эксперт — Олег Станиславович Угольников, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ИКИ РАН).



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

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

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ (METHODOLOGY. EXCHANGE OF EXPERIENCE)

- ▶ **С.В. Соболев, Е.М. Локтионова**
План-конспект изучения раздела «Основы специальной теории относительности» на углубленном уровне 3
- ▶ **С.А. Ловягин**
Реализация модульного подхода и алгоритмов искусственного интеллекта в обучении физике на примере изучения закона Архимеда. 12
- ▶ **Э.С. Пушкарева**
Методика проведения заключительных уроков учебного и календарного года 22

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ (PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES)

- ▶ **Е.Б. Петрова, А.В. Серегин**
Использование возможностей робототехники для мотивирования учащихся к изучению физики и астрономии. 30

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (INFORMATION TECHNOLOGIES)

- ▶ **В.Ф. Очков**
Какую форму имеет линза 36

ЭКСПЕРИМЕНТ (EXPERIMENT)

- ▶ **В.А. Красноперов, В.А. Бредгауэр, В.Ю. Бодряков**
Определение фундаментальной мировой постоянной — числа e — в физическом опыте с подвешенной цепью 39
- ▶ **В.С. Пичугин, С.В. Степанов, Ю.В. Артамонов, П.С. Бугаков, С.В. Муренцов**
Комплект для изучения прямолинейного движения 49

АСТРОНОМИЯ (ASTRONOMY)

- **Т.З. Насиров, Х. Худоева**
Эффективность внедрения виртуальной среды «РНЕТ»
при объяснении законов Кеплера 56

Указатель статей, опубликованных в 2024 году 62

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

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

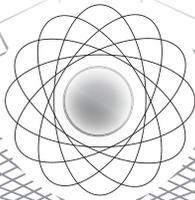
Интернет [http:// www.школьнаяпресса.рф](http://www.школьнаяпресса.рф) E-mail: fizika@schoolpress.ru

Формат 84×108/16. Усл. п. л. 4,0. Изд. № 3929. 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.



ПЛАН-КОНСПЕКТ ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА «ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ» НА УГЛУБЛЕННОМ УРОВНЕ

OUTLINE OF THE STUDY OF THE SECTION «FUNDAMENTALS OF SPECIAL RELATIVITY» AT AN IN-DEPTH LEVEL

Научная статья

Scientific article

ББК 74.200.25

УДК 530.12

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_3

С.В. Соболев , к.ф.-м.н., профессор, Курский институт развития образования, г. Курск; svsobolev49@mail.ru	S.V. Sobolev , PhD (Physics and Mathematics), Professor, Kursk Institute of Educational Development, Kursk; svsobolev49@mail.ru
Е.М. Локтионова , ученица 11 класса, СОШ № 7 с УИОП им. А.С. Пушкина, г. Курск; loktionova.kateryna@yandex.ru	E.M. Loktionova , a student of the 11th grade, MBOU «Secondary School No. 7 with UIOP named after A.S. Pushkin», Kursk; loktionova.kateryna@yandex.ru
Ключевые слова: система отсчета, принцип относительности, постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца, формула Эйнштейна	Keywords: the frame of reference, the principle of relativity, Einstein's postulates, Lorentz transformations, Einstein's formula
Аннотация. В краткой форме рассматриваются вопросы возникновения специальной теории относительности (СТО), ее основные принципы и наиболее важные результаты этой фундаментальной физической теории XX века. Материал статьи адресован учителям и учащимся старшей школы при изучении учебного предмета «Физика» на углубленном уровне. Отдельные вопросы статьи, выходящие за рамки ФОП, могут быть рекомендованы высокомотивированным учащимся для самостоятельного изучения	Abstract. The issues of the emergence of the special theory of relativity (SRT), its basic principles and the most important results of this fundamental physical theory of the 20th century are briefly considered. The material of the article is addressed to teachers and schoolboys when studying the subject «Physics» at an advanced level. Individual questions of the article that go beyond the scope of the FOP can be recommended to highly motivated students for self-study

© Соболев С.В., Локтионова Е.М., 2024

I. Пространство и время в классической физике

Согласно основоположнику классической механики И. Ньютону, пространство и время являются *абсолютными*. Математически абсолютность пространства формулируется в виде постулата о равенстве во

всех системах отсчета (*СО*) расстояний l_{12} между любыми двумя точками 1 и 2, а абсолютность времени — в виде постулата о равенстве во всех *СО* промежутков времени t_{12} между любыми двумя событиями.

Еще до появления ньютоновской механики Г. Галилей сформулировал *принцип*

относительности, согласно которому во всех инерциальных системах отсчета (ИСО) все механические явления при одинаковых условиях протекают одинаковым образом, что эквивалентно признанию равноправия всех ИСО по отношению к механическим процессам. С точки зрения механики Ньютона справедливость этого принципа вытекает из инвариантности (т.е. неизменности вида) основного уравнения классической динамики

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F} \quad (1)$$

по отношению к преобразованиям Галилея

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{V}t', \quad (2)$$

$$t = t', \quad (3)$$

которые связывают радиус-векторы произвольной точки A и время в двух ИСО K и K' , движущихся поступательно друг относительно друга с постоянной скоростью \vec{V} (рис. 1). При этом скорости точки A в этих ИСО связаны классическим законом сложения скоростей

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}. \quad (4)$$

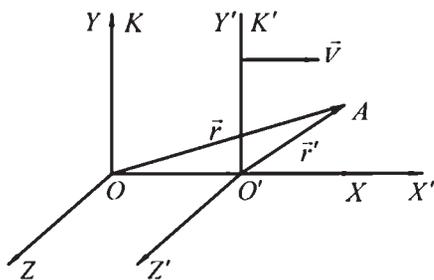


Рис. 1

Здесь же отметим, что преобразования координат и времени (2)–(3) при переходе от одной ИСО к другой оставляют неизменными как расстояния между точками, так и промежутки времени между событиями.

II. Концепция «мирового эфира». Опыт Майкельсона–Морли

Во второй половине XIX в. были сфор-

мулированы уравнения классической электродинамики (система уравнений Максвелла), составившие основу для изучения электромагнитных явлений. Одновременно на повестку дня встал вопрос о возможности распространения принципа относительности как на электромагнитные процессы, так и вообще на все явления природы.

Одним из достижений классической электродинамики стало доказательство того, что световые волны имеют электромагнитную природу. Более того, из уравнений Максвелла вытекало, что в вакууме электромагнитные колебания распространяются с конечной скоростью

$$c \approx 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Если принцип относительности справедлив для электромагнитных процессов, пространство и время абсолютны, т.е. справедливы преобразования Галилея (2)–(3), и уравнения Максвелла инвариантны по отношению к этим преобразованиям, то в ИСО K и ИСО K' данная электромагнитная волна должна иметь одну и ту же скорость \vec{c} , что явно противоречит классическому закону сложения скоростей (4).

Вплоть до начала XX в. считалось, что распространение света происходит в особой среде, которая была названа «мировым эфиром». При этом естественно было полагать, что абсолютное ньютоновское пространство является как бы вместилищем «мирового эфира», а связанная с ним ИСО является привилегированной по сравнению с другими ИСО.

Для обнаружения эфира А. Майкельсоном и Э. Морли в 1887 г. был поставлен следующий опыт (рис. 2).

Луч монохроматического света от источника S разделяется полупрозрачным зеркалом A на два луча, которые распространяются во взаимно перпендикулярных направлениях. После отражения от зеркала C первый луч частично отражается от зеркала A , а второй, после отражения от зеркала B , частично проходит через это зеркало. Ре-

зультат интерференции этих лучей наблюдается в фокальной плоскости зрительной трубы в виде последовательности чередующихся темных и светлых полос, положение которых определяется разностью времен, затрачиваемых лучами на прохождение плеч интерферометра ACA ($AC = L_1$) и ABA ($AB = L_2$).

Если мировой эфир существует, то при движении Земли вокруг Солнца она должна «обдуваться» эфирным ветром. Опыт ставился таким образом, что одно из плеч интерферометра (на рис. 2 плечо ACA) располагалось по направлению движения Земли.

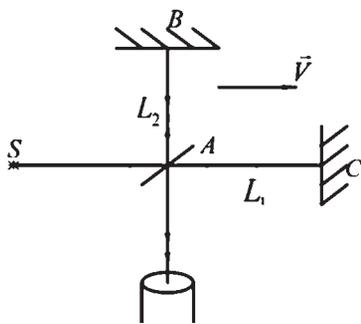


Рис. 2

Если c — скорость света относительно эфира, а V — скорость орбитального движения Земли ($V \approx 29$ км/с), то разность времен прохождения светом плеч интерферометра ACA и ABA

$$\tau = \frac{2}{c} \left(\frac{L_1}{1 - \frac{V^2}{c^2}} - \frac{L_2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \right).$$

Если интерферометр повернуть на 90° , то его плечи поменяются местами, и новая разность времен станет равной

$$\tilde{\tau} = \frac{2}{c} \left(\frac{L_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} - \frac{L_2}{1 - \frac{V^2}{c^2}} \right).$$

Видим, что $\tau \neq \tilde{\tau}$ и, поскольку $V \ll c$, разность

$$\tau - \tilde{\tau} \approx \frac{L_1 + L_2}{c} \frac{V^2}{c^2}.$$

(При получении последнего равенства учтено, что $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$ при $|x| \ll 1$.)

Отличие от нуля этой разности должно приводить к смещению полос интерференции при повороте интерферометра. Однако никакого смещения интерференционной картины при повороте установки Майкельсоном и Морли обнаружено не было!

Для объяснения отрицательного результата этого опыта в рамках традиционных представлений о пространстве и времени был выдвинут ряд гипотез, среди которых наиболее известными стали:

а) контракционная гипотеза Х. Лоренца и Д. Фитцджеральда,

б) гипотеза увлечения «мирового эфира» движущейся лабораторией,

в) баллистическая гипотеза В. Ритца.

Однако все они, объясняя отрицательный результат опыта Майкельсона–Морли, противоречили другим опытным фактам.

III. Принципы специальной теории относительности (СТО). Преобразования Лоренца

На пути преодоления возникших трудностей логически открывались три возможности.

1. Принцип относительности распространяется только на механические явления. Это означает, что по отношению к электромагнитным процессам *ИСО* не являются равноправными, и среди их множества есть некоторая привилегированная *ИСО*, которую естественно считать неподвижной относительно «мирового эфира».

2. Считать, что принцип относительности имеет универсальную применимость. Но тогда уравнения Максвелла следует признать неверными и их нужно видоизменить так, чтобы сделать инвариантными по отношению к преобразованиям Галилея.

3. Наконец, можно предположить, что принцип относительности справедлив для всех явлений природы, и считать систему уравнений электродинамики правильной во всех *ИСО*. Но тогда переход от одной *ИСО* к другой уже не будет описываться преобразованиями Галилея (2)–(3). С другой стороны, преобразования координат и времени, отличные от преобразований Галилея, будут изменять вид классического уравнения движения (1) при переходе от одной *ИСО* к другой. Поэтому отказ от преобразований Галилея означает и отказ от уравнений движения классической механики. Следовательно, в рамках этой концепции возникает проблема коренного пересмотра всей механики Ньютона. Именно эта точка зрения оказалась не противоречащей никаким опытным фактам (в том числе и результатам опыта Майкельсона–Морли), а ее математическое развитие привело к созданию *СТО* (А. Эйнштейн, работа «К электродинамике движущихся тел», 1905 г.; А. Пуанкаре, работа «О динамике электрона», 1906 г.).

Основные положения *СТО* принято формулировать в виде двух утверждений, часто называемых *постулатами Эйнштейна*.

Все физические явления во всех *ИСО* при одинаковых условиях протекают одинаковым образом.

Это утверждение устанавливает равноправие всех *ИСО* по отношению ко всем явлениям природы и называется *принципом относительности Эйнштейна* или его *первым постулатом*.

В отличие от классической механики, допускающей сколь угодно большие скорости распространения взаимодействий, в *СТО* постулируется существование их предельной скорости, равной скорости света в вакууме. Ясно, что эта скорость должна быть одинаковой во всех *ИСО*, ибо в противном случае по измерению скорости световых сигналов в разных *ИСО* можно было бы установить различия между ними, что противоречило бы эйнштейновскому принципу относитель-

ности. Соответствующий *второй постулат Эйнштейна* утверждает:

Скорость света в вакууме во всех *ИСО* одинакова, причем одинакова по всем направлениям и не зависит от скорости движения источника.

Любое физическое явление характеризуется местом и временем и в *СТО* называется *событием*. Каждое событие в данной *ИСО* описывается тремя координатами x , y , z и моментом времени t . В *СТО* время наступления события удобно определять по часам, находящимся в той точке, где происходит это событие. *ИСО*, снабженную необходимым количеством одинаковых неподвижных по отношению к ней часов, называют *релятивистской СО*.

Для того, чтобы показаниям этих часов соответствовал один и тот же момент времени в данной *СО*, необходимо согласовать их ход. Согласование показаний часов называют *синхронизацией*. Синхронизацию часов, находящихся в точке A на расстоянии L от начала *ИСО* (точка O), с часами, расположенными в начале этой *СО*, следует производить следующим образом (рис. 3). В произвольный момент времени t_0 по часам, находящимся в начале *СО*, в точку A посылают световой сигнал. В момент прихода этого сигнала в точку A на часах, расположенных в этой точке, следует установить время $t = t_0 + \frac{L}{c}$, которое больше t_0 на промежуток времени L/c , затрачиваемый сигналом на преодоление расстояния между часами.

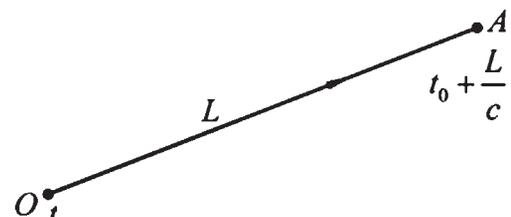


Рис. 3

Прямым следствием постулатов Эйнштейна являются новые преобразования ко-

ординат и времени при переходе от ИСО K' к ИСО K :

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z',$$

$$t = \frac{t' + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}. \quad (5)$$

Обратный переход получается заменами «штрихованных» переменных на «не штрихованные» и V на $-V$:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z,$$

$$t' = \frac{t - \frac{V}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}. \quad (6)$$

Преобразования (5)–(6) называются *преобразованиями Лоренца*. Впервые они были получены Х. Лоренцем в 1904 г. как преобразования, относительно которых уравнения классической электродинамики являются инвариантными.

Отметим, что при $V \ll c$ эти преобразования переходят в преобразования Галилея (2)–(3).

IV. Основные следствия преобразований Лоренца

1. Закон сложения скоростей

Выведем закон сложения скоростей в СТО. Рассмотрим ограничим случаем одномерного движения частицы вдоль осей OX и $O'X'$. Для бесконечно малых изменений координат и времени на основании (5) можно написать

$$dx = \frac{dx' + Vdt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad dt = \frac{dt' + \frac{V}{c^2}dx'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

Разделив первое равенство на второе и

учтя, что $\frac{dx}{dt} = v$, $\frac{dx'}{dt'} = v'$, получим

$$v = \frac{v' + V}{1 + \frac{v'V}{c^2}}. \quad (7)$$

Как и следовало ожидать, при $V \ll c$ (7) переходит в классический закон сложения скоростей (4).

На основе (7) сразу же разрешается вопрос о равенстве скоростей распространения электромагнитной волны в разных ИСО (см. выше): положив в (7) $v' = c$, для v получаем значение, также равное c .

2. Изменение размеров тел и промежутков времени между событиями при переходе от одной ИСО к другой

Прямым следствием преобразований Лоренца является различие размеров тел и промежутков времени между событиями в разных ИСО.

Рассмотрим тело в виде твердого стержня, расположенного параллельно оси $O'X'$ (см. рис. 1) и неподвижного относительно ИСО K' . Его длина в этой СО $l_0 = x'_2 - x'_1$ (x'_1 и x'_2 — координаты концов стержня) называется *собственной длиной*.

Для измерения длины стержня l в ИСО K нужно в некоторый момент времени t по часам этой СО зафиксировать координаты его концов x_1 и x_2 . Тогда $l = x_2 - x_1$.

Согласно преобразованиям Лоренца (6),

$$x'_1 = \frac{x_1 - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad x'_2 = \frac{x_2 - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

Вычитая из второго равенства первое и учитывая выражения для l_0 и l , находим

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}. \quad (8)$$

Уменьшение продольных размеров тела при его движении со скоростью V в $\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$

раз называется *лоренцевым сокращением длины*.

Пусть в ИСО K' в точке с фиксированными координатами (x', y', z') в моменты времени t'_1 и t'_2 по часам этой СО произошли два события. Промежуток времени между ними $T_0 = t'_2 - t'_1$. В ИСО K рассматриваемые события произойдут в разных точках, а моменты их наступления по часам этой СО, на основании (5) равны,

$$t_1 = \frac{t'_1 + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad t_2 = \frac{t'_2 + \frac{V}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

Отсюда для промежутка времени $T = t_2 - t_1$ между этими событиями в СО K с учетом выражения для T_0 находим

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}. \quad (9)$$

Если данные события происходят с одним и тем же объектом, то время, отсчитываемое по часам, движущимся вместе с объектом, называется *собственным временем* объекта. Так как, согласно (9), $T_0 < T$, заключаем, что собственное время объекта течет медленнее по сравнению со временем в той ИСО, относительно которой объект движется. Иными словами, *движущиеся часы идут медленнее* неподвижных.

Экспериментально формула (9) хорошо подтверждается зависимостью времен жизни нестабильных элементарных частиц от скорости их движения.

3. Эффект Доплера

Пусть источник электромагнитных колебаний находится в точке O' , а приемник — в точке O (рис. 1), и пусть частота излучаемой источником волны в ИСО K' равна ν_0 . Найдем частоту волны ν , регистрируемой приемником. Обозначим через t'_1 и t'_2 времена начала и окончания работы источника в ИСО K' . В ИСО K соответствующие моменты времени обозначим как t_1 и t_2 . Тогда

длительности сигнала в СО K' и K $\tau' = t'_2 - t'_1$ и $\tau = t_2 - t_1$ связаны между собой соотношением (9):

$$\tau = \frac{\tau'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

Если координата источника в СО K в момент времени t_1 равна a , то в момент t_2 его координата будет равна $a + V\tau$. Началу прихода сигнала в точку O по часам СО K будет соответствовать момент времени

$$\theta_1 = t_1 + \frac{a}{c},$$

а окончанию — момент

$$\theta_2 = t_2 + \frac{a + V\tau}{c}.$$

Следовательно, длительность воздействия сигнала на приемник

$$\theta = \theta_2 - \theta_1 = \tau \left(1 + \frac{V}{c} \right).$$

Число колебаний, испущенных источником за время его работы,

$$N = \nu_0 \tau' = \nu_0 \tau \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}.$$

Разделив это число на θ , найдем частоту воспринимаемой приемником волны

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 - \frac{V}{c}}{1 + \frac{V}{c}}}. \quad (10)$$

В случае приближения источника колебаний к приемнику частота ν получается из (10) заменой V на $-V$.

Таким образом, при удалении источника электромагнитных колебаний наблюдается уменьшение, а при приближении — увеличение частоты волны по сравнению с частотой в той СО, в которой источник покоится (*эффект К. Доплера*).

4. Интервал

Из относительных величин, которыми в СТО становятся пространственный l_{12} и

временной t_{12} интервалы, можно составить инвариантную величину S_{12} , называемую интервалом между событиями 1 и 2, квадрат которого

$$S_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2.$$

В зависимости от знака S_{12}^2 интервалы делятся на *временноподобные* ($S_{12}^2 > 0$), *пространственноподобные* ($S_{12}^2 < 0$) и *светоподобные* ($S_{12}^2 = 0$).

Пусть, например, в ИСО K интервал между событиями 1 и 2 *временноподобный*. Тогда не существует ИСО K' , в которой эти события происходят одновременно ($t'_{12} = 0$). Однако, найдется такая ИСО K' , в которой эти события произойдут в одной точке ($l'_{12} = 0$). При этом промежуток времени между ними в этой СО

$$t'_{12} = \frac{\sqrt{c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2}}{c}.$$

V. Релятивистская механика

1. Основные законы и формулы

Классическая механика не накладывает никаких ограничений на скорости движения частиц. Так, если на покоящуюся частицу массой m начинает действовать постоянная сила \vec{F} , то через промежуток времени $\Delta t = \frac{mc}{F}$ скорость частицы достигнет скорости света и далее превысит ее. Такой результат, однако, противоречит основным положениям СТО, так как скорость света является предельной скоростью движения частицы.

Какой же вид должно иметь основное уравнение движения частицы в релятивистской механике? Очевидно, что оно должно быть инвариантно относительно преобразований Лоренца, при $v \leq c$ описывать движение частицы, не противореча постулатам СТО, а при малых скоростях переходить в известное уравнение второго закона Ньютона классической механики.

Удовлетворяющее этим требованиям уравнение движения частицы имеет вид

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}. \quad (11)$$

Внешне это уравнение совпадает с основным уравнением классической динамики, однако импульс частицы определяется теперь выражением

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (12)$$

Уравнение (11) совместно с выражением (12) лежат в основе механики СТО — релятивистской механики.

При $v \ll c$ релятивистский импульс (12) становится приближенно равным классическому ($\vec{p} = m\vec{v}$) и уравнение (11) переходит во второй закон Ньютона классической механики. По этой причине релятивистские эффекты сказываются на движении частицы тогда, когда ее скорость не мала по сравнению со скоростью света. На практике с большими скоростями встречаются в физике элементарных частиц. В частности, расчеты траекторий частиц в ускорителях заряженных частиц ведутся на основе законов механики СТО.

Рассмотрим частицу массой m , которая не испытывает внешнего силового воздействия и движется со скоростью \vec{v} . С точки зрения классической механики такая частица обладает энергией E , которая представляет собой кинетическую энергию частицы $\frac{mv^2}{2}$. Однако, в рамках СТО энергия такой частицы выражается формулой

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (13)$$

которая не имеет аналога в ньютоновской механике. Она носит имя Эйнштейна, а определяемая ею величина E называется *полной релятивистской энергией* свободной частицы.

Формула (13) применима не только к отдельной частице, но и к любому телу, состоящему из произвольного числа частиц.

При этом под m понимают массу всего тела, а под v — скорость его поступательного движения.

При $v = 0$ энергия тела (13)

$$E = E_0 = mc^2 \neq 0 \quad (14)$$

и называется *энергией покоя*. Наличие не равной нулю энергии даже у покоящегося тела означает, что тело обладает энергией уже благодаря факту своего существования. Отметим также, что связь между E_0 и m линейна: изменение энергии тела на величину ΔE_0 влечет за собой изменение его массы на величину

$$\Delta m = \frac{\Delta E_0}{c^2}.$$

Полную энергию движущейся частицы (тела) (13) можно рассматривать как сумму энергии покоя (14) и кинетической энергии T . Поэтому

$$T = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (15)$$

Если $\frac{v}{c} \ll 1$, то (15) переходит в классическую кинетическую энергию $T = \frac{mv^2}{2}$.

В приложениях часто используется формула, связывающая полную энергию частицы E (13) с модулем p ее релятивистского импульса (12). Для получения этой формулы достаточно возвести обе части (12) в квадрат, решить полученное равенство относительно $\frac{v^2}{c^2}$ и подставить это выражение в (13). В результате получим

$$E = c\sqrt{p^2 + m^2c^2}. \quad (16)$$

Остановимся на выражениях для основных характеристик кванта электромагнитного излучения — фотона. Масса фотона $m = 0$, а скорость его движения в любой ИСО $v = c$.

Если фотон отвечает электромагнитной волне с частотой ν , то его энергия

$$E = h\nu, \quad (17)$$

где величина $h \approx 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с называется *постоянной Планка*.

В результате для импульса фотона из (16) находим

$$p = \frac{h\nu}{c}. \quad (18)$$

2. Эффект Комптона

В качестве одного из многочисленных примеров применения релятивистской механики рассмотрим некогерентное (сопровождающееся увеличением длины волны λ) рассеяние электромагнитной волны с частотой $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi c}{\lambda}$ на первоначально покоящемся свободном электроне.

Согласно закону сохранения импульса, для системы фотон-электрон, с учетом (18),

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \frac{\hbar\omega_1}{c} + \frac{m\bar{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (19)$$

(см. рис. 4). Здесь m — масса электрона, \bar{v} — скорость, приобретаемая электроном после столкновения с фотоном, $\omega_1 = \frac{2\pi c}{\lambda_1}$ — частота рассеянной волны, θ — угол рассеяния, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$.

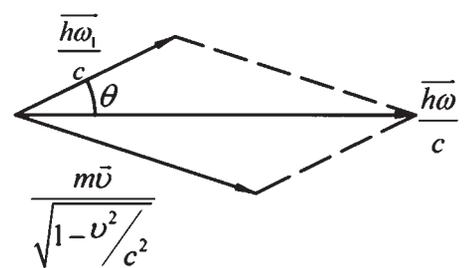


Рис. 4

На основании же закона сохранения энергии, с учетом (17),

$$\hbar\omega + mc^2 = \hbar\omega_1 + \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (20)$$

Далее следует выполнить следующие алгебраические преобразования:

а) умножить обе части (19) на c , перенести первое слагаемое из правой части в левую и возвести обе части в квадрат;

б) перенести в (20) первое слагаемое из правой части в левую и также возвести обе части в квадрат;

в) вычесть из второго получившегося равенства первое.

В результате получим

$$mc^2(\omega - \omega_1) = \hbar\omega\omega_1(1 - \cos\theta).$$

Переходя от частот ω и ω_1 к длинам волн λ и λ_1 и учитывая, что

$$1 - \cos\theta = 2\sin^2\frac{\theta}{2},$$

окончательно находим:

$$\lambda_1 - \lambda = \frac{4\pi\hbar}{mc} \sin^2\frac{\theta}{2}. \quad (21)$$

Формула (21) была получена А. Комптоном в 1923 году.

Литература

1. *Матвеев А.Н.* Механика и теория относительности. — М.: Высш. шк., 1986. — 320 с.
2. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М.* Физика 11 / Под ред. Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2024. — 432 с.
3. *Соболев С.В.* Основы специальной теории относительности: учебное пособие. — М.: РУСАЙНС, 2016. — 104 с.
4. *Угаров В.А.* Специальная теория относительности. — М.: Наука, 1977. — 383 с.

Дата поступления рукописи (Received): 08.08.2024.
Опубликовано (Published): 19.11.2024.

Информация

Солнце достигло максимальной фазы своего 11-летнего цикла

15 октября 2024 г. в ходе телеконференции представители НАСА, Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) и Группы прогнозирования солнечных циклов объявили, что Солнце достигло периода солнечного максимума, и это может продолжаться в течение следующего года. Это событие знаменует собой важнейший момент в цикле активности нашей звезды, имеющий значительные последствия для Земли и освоения космоса. Солнечный максимум представляет собой пик активности в 11-летнем цикле Солнца и характеризуется увеличением количества солнечных пятен, солнечных вспышек и выбросов корональной массы (КВМ). Этот период интенсивной солнечной активности напрямую влияет на условия в космосе (космическая погода), что может сильно влиять на системы связи, навигации и наземные энергосети.

Это заявление было сделано после периода повышенной солнечной активности, который завершился в мае 2024 г. серией мощных солнечных вспышек и КВМ, вызвавших самую сильную геомагнитную бурю за последние два десятилетия. Что означает достижение солнечного максимума? Солнечный цикл — это естественный процесс, в ходе которого на Солнце чередуются периоды низкой и высокой магнитной активности. Каждый цикл длится около 11 лет и завершается сменой магнитных полюсов Солнца. Понимание этого явления необходимо для прогнозирования и смягчения последствий космической погоды на Земле и деятельности человека в космосе. Солнечный максимум, пиковая фаза цикла, характеризуется значительным увеличением числа солнечных пятен, что приводит к росту общей солнечной активности. Эти более холодные области на солнечной поверхности возникают из-за интенсивной концентрации линий магнитного поля и связаны с активными областями, источниками мощных солнечных вспышек. Они представляют собой видимую составляющую активных областей, областей интенсивных и сложных магнитных полей, которые являются источником солнечных вспышек. Ученые используют их количество для определения и прогнозирования тенденций солнечного цикла. Самая мощная вспышка, зарегистрированная в этом солнечном цикле, была 3 октября 2024 г. По прогнозам специалистов фаза солнечного максимума продлится около года, после чего Солнце вступит в фазу спада. Однако во время этой фазы могут произойти и другие значимые события. Текущий солнечный максимум предоставляет уникальные возможности для более пристального изучения нашей звезды.

Источник: <https://new-science.ru/solnce-dostiglo-maksimalnoj-fazy-svoego-11-letnego-cikla/>

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА И АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНА АРХИМЕДА

IMPLEMENTATION OF A MODULAR APPROACH AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN TEACHING PHYSICS USING THE EXAMPLE OF STUDYING ARCHIMEDES' LAW

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_12

<p>С.А. Ловягин, к.п.н., старший методист, автономная некоммерческая образовательная организация «Хорошевская школа», Москва; lovyagins@gmail.com</p>	<p>S.A. Lovyagin, PhD (Pedagogy), lead methodologist at private «Khoroshevskaya school», Moscow; lovyagins@gmail.com</p>
<p>Ключевые слова: модульное обучение, модуль, большие идеи, цифровая платформа, искусственный интеллект, оценивание</p>	<p>Keywords: modular learning, module, big ideas, digital platform, artificial intelligence, assessment</p>
<p>Аннотация. В статье описана реализация модульного подхода в обучении физике в основной школе. Подробно рассмотрены все этапы учебного процесса на примере одного модуля, посвященного изучению закона Архимеда, плотности и условий плавания тел. Описаны инструменты планирования, оценки и поддержки самостоятельной учебной работы. Обозначена роль цифровой платформы в реализации модульного обучения. Кратко описаны возможности применения искусственного интеллекта в обучении физике</p>	<p>Abstract. The article describes the implementation of a modular approach to teaching physics in a secondary school. All stages of the educational process are examined using the example of one module devoted to the study of Archimedes' law, density and floating conditions. Tools for planning, assessing and supporting independent study work are described. The role of the digital platform in the implementation of modular training is outlined. The possibilities of using artificial intelligence in physics teaching are briefly described</p>

© Ловягин С.А., 2024

Модульный подход

Модульный подход состоит в структурировании содержания обучения, при котором предметное содержание концентрируется в небольшое число завершенных тематических блоков (модулей) с четко определенными целями (образовательными результатами) и программой учебной работы, что обеспечивает более высокий уровень самостоятельности и индивидуализации учебной работы [6, с. 10]. Модуль состоит из законченного информационного блока, системы образовательных целей и методического руководства учащемуся по их достиже-

нию (инструкции, навигаторы и алгоритмы учебной работы). Модульное обучение обладает целым рядом важных характеристик: целенаправленность, системность, индивидуализация обучения, повышение самостоятельности, активизация учащихся. Благодаря тому, что модульное обучение опирается на алгоритмический подход, оно легко реализуется на цифровой платформе. Ниже описан пример реализации модульного подхода в изучении физики с ее использованием, отработанный на протяжении 6 лет (2018–2024 гг.) в АНОО «Хорошевская школа».

В каждом модуле выделяется «большая идея» как ориентир и интегрирующий элемент. В современной образовательной практике «большими идеями» называют обобщения, выраженные в форме межпредметных понятий, концептов или идей, выполняющих роль «связующего звена, организующего разрозненный материал в общую картину» [1, с. 4]. Примерами больших идей модулей физики для 7 класса могут быть: «При делении вещества есть предел, который называется атом или молекула», «Земля движется вокруг Солнца по той же причине, по которой яблоко падает на землю», «Жидкая и газообразная среда действует на тело с силой, направленной противоположно гравитации. Ее величина тем больше, чем больше объем тела и плотность среды».

Модуль включает наряду с предметным содержанием учебные задания, которые являются фактически единицей учебного материала. Задания спроектированы таким образом, что учащиеся, работая с предметным материалом, одновременно выполняют и универсальные учебные действия, а также используют доступный цифровой инструментарий. Среди различных типов заданий следует особо выделить такие, которые мы назвали «лабораторными исследованиями». При их выполнении учащиеся совершают самый широкий диапазон универсальных учебных действий: познавательных, коммуникативных и регулятивных [2]. Все задания имеют цифровой формат: они размещены на цифровой платформе, используют встроенный цифровой инструментарий выполнения и проверки, при необходимости содержат ссылки на внешние интернет-ресурсы и онлайн-сервисы. Модульная структура определяет структуру материалов на цифровой платформе, где одним из атрибутов описания каждого модуля является группа образовательных результатов. Благодаря внутренней системе связей и гиперссылок на цифровой платформе все элементы содержания взаимосвязаны. Каждое

задание связано с одним или несколькими образовательными результатами, что облегчает оценку результатов в процедурах оценивания выполненных заданий. Курс физики 7 класса может быть разбит на 11 модулей (табл. 1). Аналогичным образом структурировано содержание 8 и 9 классов [4]. Далее мы рассмотрим последовательность освоения одного модуля на примере изучения закона Архимеда в 7 классе.

Таблица 1

Модульная структура изучения физики в 7 классе

Тематический блок/Модуль	Число часов
Исследовательский метод	6
Строение вещества	4
Движение	4
Закон Гука	6
Гравитация	4
Трение	6
Закон Архимеда	6
Давление	6
Атмосферное давление	6
Простые механизмы	10
Механическая энергия	12

Общий обзор содержания модуля «Закон Архимеда»

(Пояснение: понятие плотности вводится не в начале курса, а в этом модуле, поскольку именно здесь оно находит свое применение, выступая в роли средства для понимания физической сущности изучаемых явлений.)

Проблемный вопрос: почему тяжелый корабль не тонет в воде?

Большая идея: жидкая и газообразная среда действует на тело с силой, направленной противоположно гравитации. Эта сила тем больше, чем больше объем тела или его части, погруженной в среду, и плотность среды.

Элементы содержания. Плотность ве-

щества. Действие жидкости и газа на погруженное в них тело. Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.

Лабораторные работы

1. Измерение плотности.
2. Исследование выталкивающей силы.
3. Исследование зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части тела.

Шкала оценки образовательных результатов

Уровень 4.0 (углубленный): решать сложные задачи (расчетные, качественные, проектные).

Уровень 3.0 (профильный): исследовать зависимость выталкивающей силы от объема погруженной части тела.

Уровень 2.0 (базовый):

- рассчитывать плотность тела;
- измерять объем тела с помощью мензурки;
- измерять плотность тела;
- измерять и рассчитывать выталкивающую силу, пользуясь законом Архимеда;
- определять, будет ли тело плавать или тонуть, пользуясь сравнением плотностей.

Уровень 1.0: частичное выполнение действий уровня 2.0.

Навигатор (планирование) модуля «Закон Архимеда», 6 уроков

Уровень	Цель изучения: «Я могу...»	Задания
План на первые два урока модуля (первая неделя)		
2.0	рассчитать плотность тела, измерить объем тела с помощью мензурки, определить плотность тела	Демонстрация опыта. Корона Гиерона. Плотность. Конспект 1. Задачи на расчет плотности и массы. Измерение плотности. Лабораторная работа. Тест. Плотность.
План на два урока модуля второй недели		
2.0	измерить выталкивающую силу, рассчитать выталкивающую силу, пользуясь законом Архимеда	Повторение. Плотность. Лабораторное исследование выталкивающей силы. Закон Архимеда. Конспект 2. Решение задач на закон Архимеда. Тест. Закон Архимеда.
План на последние два урока модуля		
2.0	определить, будет ли тело плавать или тонуть, пользуясь соотношением плотностей	Повторение. Закон Архимеда. Обсуждение. Корона Гиерона. Условия плавания. Конспект 3. Тест. Плавание тел.
3.0	исследовать зависимость выталкивающей силы от объема погруженной части тела	Итоговая работа по модулю. Исследование зависимости выталкивающей силы от глубины погруженной части тела.
Дополнительно по желанию (внеурочное время)		
4.0	продемонстрировать более сложное умение, например, сделать модель подводной лодки	(На выбор) Подводная лодка (проект). Задачи повышенной сложности. Сложный вопрос.

Первое занятие

Если уроки физики объединены в пары, это дает возможность за один день совершить микроцикл изучения физического явления и связанных с ним понятий и законов. Такой отрезок учебного времени мы называем занятием. Общий план и последовательность изучения модуля на первом занятии содержится в слайдах презентации, на которую опирается учитель при проведении уроков, а также в навигаторе по модулю на платформе.

Первое занятие по модулю начинается с короткого мотивирующего задания: фронтального обсуждения проблемы, позволяющего учителю оценить стартовые представления учащихся по предстоящей к изучению теме. Учитель задает классу вопрос: «Почему огромный тяжелый корабль не тонет в воде?» Учащиеся в группах по 2–4 человека (сидящие за передними партами разворачиваются к одноклассникам на задних партах) в течение 1–2 минут обсуждают этот вопрос, затем представитель от каждой группы сообщает один из вариантов ответа всему классу. После чего каждый ученик фиксирует на цифровой платформе тот вариант ответа, который он считает наиболее подходящим. На все эти действия уходит 7–8 минут.

На следующем шаге учитель кратко рассказывает историю про Архимеда и корону царя Гиерона, показывает классу «золотую корону» и «слиток золота» и задает вопрос: «Как проверить, из чистого ли золота сделана корона?» Получив предложение взвесить, он демонстрирует эксперимент (первый вариант короны и «золотого» слитка был из пластилина с пенопластовыми вставками в короне для уменьшения плотности): подвешивает корону и слиток на рычажных весах, демонстрируя равенство веса в воздухе (рис. 1). На этом этапе учитель спрашивает: «Можно ли в результате этого опыта считать, что корона сделана из чистого золота?» Дав желающим детям высказаться, он опускает корону и слиток в аквариум с водой.

В воде слиток перевешивает корону. Затем задается вопрос: «Почему этот опыт говорит о том, что корона поддельная?» Здесь учитель получает широкий спектр всевозможных ответов. Он выделяет самые разумные, опирающиеся на физическую сущность процесса, фиксируя на платформе демонстрацию учащимися повышенного уровня сложности познавательного действия — самостоятельного объяснения явления. Для этого на платформе предусмотрено специальное задание «Сложные вопросы». На этом этапе урока происходит сократовский диалог, в котором учитель ставит вопросы к формулировкам ответов учащихся, вынуждая их достраивать логику своих ответов. Ни один из ответов не оценивается как «правильный» или «неправильный», что является обязательным условием свободного участия в диалоге всех учеников класса: как «сильных», так и «слабых». Этот этап урока может занимать 5–10, а иногда даже 15 минут.

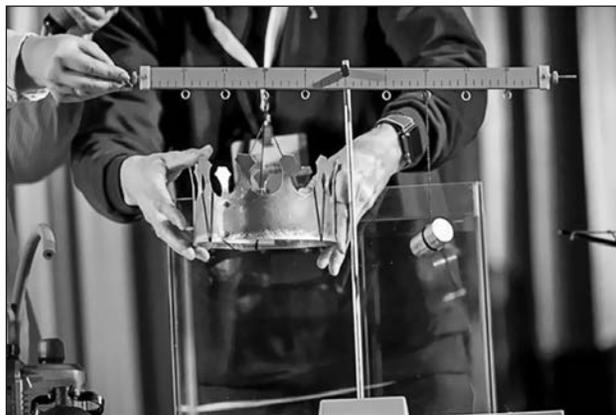


Рис. 1. Эксперимент с короной Гиерона

К сожалению, часть детей постепенно «выпадает» из диалога, если он длится более 3–5 минут. Этот недостаток фронтального диалога может быть компенсирован использованием современных цифровых технологий, когда индивидуальный диалог с учеником ведет система искусственного интеллекта. Обучающие системы на основе диалога существуют уже более 20 лет [5, с. 118–124], и создатели часто именуют

их «тьюторами». ИИ-тьютор не заменит живого диалога на уроке, зато сможет индивидуально помочь школьнику дома.

После этого учитель объявляет учащимся цели занятия: «Сегодня вы научитесь: рассчитывать плотность тела; измерять объем тела с помощью мензурки; экспериментально определять плотность тела», и демонстрирует план учебной работы на два урока. План состоит из последовательности обязательных заданий. Если кто-то из ребят не успевает выполнить отдельные задания на уроке, они становятся домашней работой. Других заданий для работы дома нет — весь материал спланирован так, чтобы его можно было освоить на уроке.

Обобщая высказывания учащихся на этапе обсуждения эксперимента, учитель вводит понятие плотности: определение, обозначение, формулу, единицы и перевод единиц. Он кратко фиксирует объяснение в виде заметок на экране презентации с тезисами. Параллельно с объяснением ученики делают конспект в тетради (рис 2.). Эти конспекты получили имя «Фиксики» и имеют название и сквозную порядковую нумерацию. Среднее время на этот этап занятия — 10 минут.

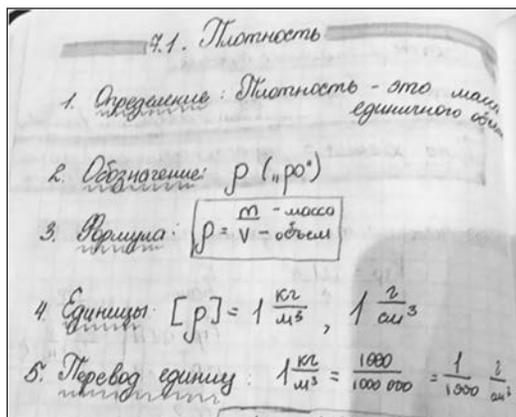


Рис. 2. Конспект учащегося

Следующее задание в плане — решение задач. Предлагается решить две задачи из трех (на выбор) на расчет плотности и массы, используя таблицу плотностей. Учащие-

ся работают в тетрадях, обсуждая при необходимости ход решения с соседом по парте. Условия задач берут из соответствующего задания на платформе. Туда же отправляют фото решений на проверку. Эту работу нужно выполнить до конца первого урока (некоторые используют и часть перемены, чтобы не оставлять ничего на дом).

Следующий урок начинается с лабораторной работы по определению плотности тела. Цель работы — определить на основе измерения плотности материал, из которого сделано тело. Ученики получают рабочий лист с текстом лабораторной работы. Перед началом работы учитель демонстрирует способ измерения объема тела с помощью мензурки. Остальное содержится в рабочем листе. Ребята выполняют работу в парах, подписывая лист двумя фамилиями и выкладывая фото заполненного листа в соответствующее задание платформы на проверку. Вся эта работа занимает около 20–30 минут.

Для тех, кто заканчивает лабораторную раньше, учитель выводит на экран список заданий для самостоятельной работы на уроке. Это дополнительное упражнение на усвоение понятия плотности, а также вариант самопроверки: тест на платформе проверяется автоматически, и учащийся сразу же видит свой результат, получая возможность исправить ошибку, повторно выполняя задание. Эта часть занятия происходит в виде самостоятельной работы с заданиями на платформе. Каждый работает в своем темпе. Учитель, перемещаясь по классу, наблюдает за детьми и помогает индивидуально тем, у кого возникли трудности и вопросы.

Последние 5 минут урока отводятся на краткое повторение нового материала и самооценку. На первом шаге учащиеся должны ответить на вопрос: «Что «осталось в твоей голове» в итоге занятия?» Учитель фиксирует ответы на доске — это еще одна опора для зрительной памяти. На втором шаге он просит детей оценить индивидуальное

достижение каждой из 3-х целей урока в отдельности, показывая на пальцах руки от 1 до 5, насколько удалось достичь этой цели. Благодаря этому учитель фронтально получает обратную связь от всего класса, оценивая успешность проведенного урока.

Второе занятие

Второе (сдвоенное) занятие модуля строится примерно по тому же плану. Фактически на каждом двойном уроке осваивается новое содержание в полном цикле учебной деятельности: от постановки проблемы через экспериментальное исследование к обобщению и применению введенных понятий. Сдвоенный урок является единицей планирования учебной работы и потому может рассматриваться как микромодуль со своими целями и завершающей рефлексией. Важное отличие второго занятия модуля «Закон Архимеда» состоит в том, что лабораторная работа проводится в форме исследования и предваряет изучение нового материала. Кроме того, закон Архимеда рассматривается до изучения гидростатического давления, поэтому для учеников он носит эмпирический характер.

Занятие начинается с повторения. Оно проходит в форме онлайн-викторины: учащиеся сканируют на планшеты QR-код, заходят на сайт «Опросникума» Академии Минпросвещения, регистрируются под своим именем, и учитель запускает викторину, состоящую из 7 тестовых и открытых вопросов на знание понятия плотность, длительностью 3 минуты (обозначение, единицы, формула, расчет...). Время для ответа на каждый вопрос запрограммировано заранее. Во время викторины происходит самая высокая концентрация внимания обучающихся. Отправив ответ, учащийся сразу же автоматически получает от системы обратную связь и верный ответ. По завершению викторины на экран выводятся имена победителей, количество правильных ответов и время, потраченное каждым на размышления (оно учитывается системой при определении

рейтинга. Оценки за викторину не ставятся; ее цель — активное повторение и самопроверка. При этом результаты всех викторин сохраняются, а индивидуальные результаты выкладываются каждым учеником в задание на платформе, которое называется «Подтверждение знаний по модулю». Задание засчитывается автоматически, если ученик получил одно из трех первых мест. Если этого не было ни разу в этом модуле — он должен устно ответить учителю на три вопроса. В индивидуальных результатах викторины автоматически фиксируются два параметра, имеющие важное значение для адаптивной цифровой среды и алгоритмов работы искусственного интеллекта, который в скором времени будет интегрирован в образовательную платформу. Время, потраченное ребенком на ответ, является хорошим индикатором его индивидуальной способности перерабатывать информацию. В зависимости от вопроса это время характеризует либо навык смыслового чтения, либо скорость, либо запоминание, либо умение считать в уме и т.п. Количество правильных ответов является интегральным индикатором достигнутых предметных результатов, а их детализация позволяет оценить достижение каждого из результатов в отдельности.

Вслед за повторением переходим к демонстрации явления уменьшения веса тела в воде. Учитель подвешивает металлический предмет на динамометр, фиксирует исходное значение веса и, опустив предмет в воду, закрепляет динамометр на штативе с опущенным в воду предметом. После этого просит учащихся описать увиденное. Получив подробное описание в результате высказываний 2–3 детей, в котором отмечается уменьшение веса, учитель фиксирует на доске новое значение веса и задает вопрос: «Как объяснить это уменьшение веса?» Учащиеся высказывают свои идеи, учитель не оценивает их, но задает уточняющие вопросы. На самом деле практически в каждом классе есть ребенок, который произносит

слова «выталкивающая сила». В итоге краткого диалога самый разумный ответ педагог просит изобразить на доске. Учащиеся моделируют экспериментальную ситуацию схематичным рисунком. Однако это сложное действие для семиклассников обычного класса, находящееся в их зоне ближайшего развития. Учителю приходится помогать наводящими вопросами и указаниями, отталкивающимися от того, что рисует стоящий у доски ученик: «Нарисуй тело в воде и в воздухе»; «Какие силы на него действуют в воздухе?»; «А в воде?»; «Что изменилось?» В результате совместных усилий на доске (или экране презентации) возникает схематичный рисунок, на котором изображены все три силы: тяжести, упругости и выталкивающая. Демонстрация и обсуждение могут занять около 10 минут.

Обсуждение опыта учитель заканчивает вопросом: «От чего, как вы думаете, зависит выталкивающая сила?» Собрав от учащихся и зафиксировав на доске несколько гипотез, он сообщает, что их проверка — цель сегодняшнего лабораторного исследования.

После этого учитель объявляет цели занятия: научиться измерять выталкивающую силу и рассчитывать ее, пользуясь законом Архимеда. И демонстрирует классу план работы.

Лабораторное исследование выталкивающей силы выполняется в паре. Каждая пара должна выбрать один параметр для исследования из списка: объем тела, плотность жидкости, плотность тела или глубина погружения. Вопрос для исследования: «Как выталкивающая сила зависит от выбранного параметра?» Экспериментальное исследование длится около 30 минут. Это хорошо знакомый учащимся вид учебной работы, поддержанный отработанной инструктивной частью рабочего листа, содержащего ответы на все вопросы, которые могут возникнуть (возникли в предыдущие годы) у учеников. От учителя требуется минимальная помощь, поэтому его основная задача на этом этапе — наблюдение за работой и заполнением ра-

бочего листа и оперативная обратная связь, целью которой является исправление ошибок во время (а не в итоге) работы. Сделать это после сдачи работы уже затруднительно (не хватит времени). Чтобы еще больше сократить число ошибок, можно попросить показать учителю заполненный рабочий лист перед сдачей его фотографии на платформу — достаточно 5 секунд, чтобы бегло оценить ключевые элементы листа, пользуясь индикаторами верных ответов и критериями правильности (именно этот алгоритм может реализовывать искусственный интеллект, когда будет оценивать работу на цифровой платформе). Если какой-либо из этих элементов не в порядке, учитель обращает на него внимание ученика и дает комментарий, позволяющий исправить ошибку.

После перемены проводится итог: объявление результатов исследования всех групп и их краткое обсуждение. На это отводится 5 минут. Фактически в этой работе определяется только, от каких параметров зависит/не зависит выталкивающая сила. Чтобы сформулировать закон Архимеда, необходим еще один шаг.

Учитель демонстрирует классический опыт с ведром Архимеда. Опыт имеет скорее иллюстративный характер: из него нельзя вывести закон Архимеда, он только подтверждает его. Педагог предлагает сравнить выталкивающую силу и вес вытесненной воды. Получив ответы учеников, среди которых обязательно будет утверждение о равенстве, он формулирует и записывает закон Архимеда, и, опираясь на формулировку закона, выводит формулу для расчета выталкивающей силы. Учащиеся фиксируют это в своем конспекте. Демонстрация, объяснение и конспектирование занимают около 10–15 минут.

После этого школьники переходят к решению задач на закон Архимеда. Эта завершающая часть занятия проходит в форме самостоятельной работы. Учитель выводит на экран план оставшихся до конца урока заданий (решение задач и тест), да-

вая ученикам возможность работать в своем темпе. Тест с автопроверкой позволяет им еще раз повторить и проверить свои знания. Задача наставника на этапе самостоятельной работы всегда одна и та же: перемещаясь по классу, заглядывать в тетради учащихся и давать оперативную обратную связь — отмечать успехи, помогать исправлять ошибки и решать проблемы.

Третье (завершающее) занятие

Третье занятие завершает изучение модуля. В нем ребята должны показать, что они могут применять полученные знания и умения. Урок начинается с короткой (1–2 минуты) фронтальной обратной связи по итогам проверки выполненных учащимися заданий (лабораторная работа, решение задач). Акцент делается только на типичных повторяющихся ошибках.

После этого проводим краткую проверку того, чему ребята научились в этом модуле. Учитель показывает слайд с целями модуля и быстро получает обратную связь: по каждой цели просит учащихся оценить поднятием руки, умеют ли они это делать. Все эти умения потребуются ученикам при выполнении итоговой работы. В результате за 1 минуту учитель получает картину готовности класса к этой работе и может, при необходимости, сфокусировать внимание учащихся на проблемных моментах.

На следующем этапе педагог объявляет план занятия и переходит к повторению закона Архимеда (формулировка закона, обозначения, единицы, формула, расчет). Оно проводится в виде онлайн-викторины, аналогичной описанной выше и занимает 5 минут времени, включая подведение итога и прикрепление результата на платформу.

На завершающем занятии по модулю необходимо вернуться к исходной проблеме. Учитель задает вопрос: «Помните опыт с короной Гиерона? Вес короны и слитка был одинаков в воздухе, в воде слиток перевесил корону. Почему?» Далее учащимся предоставляется возможность дать объяснение.

Теперь у них уже достаточно знаний, чтобы это сделать. Однако, как показывает опыт, самостоятельно сформулировать полноценное объяснение (логически выстроенное и основанное на зависимости выталкивающей силы от объема тела) могут единицы. Поэтому чаще всего в классе звучит несколько ответов (учитель старается не сразу давать слово самым сообразительным ученикам, чтобы все желающие могли иметь возможность подумать и высказаться). Ребятам, давшим неточные или некорректные ответы учитель задает вопросы. Учащиеся дополняют и исправляют свои ответы. Часто они подхватывают мысль, высказанную только что другим учеником, и дополняют ее. Возникает диалог, в итоге которого именно учащиеся, а не учитель, дают верное и логически правильное объяснение. Обсуждение может длиться 5–10 минут. Тот, кто делает важный вклад в формулировку объяснения, получает оценку «зачет» на платформе за задание уровня 4.0 (повышенной сложности), которое называется «Сложные вопросы». Имея такую оценку, ученик, если он хорошо напишет итоговую работу, получает максимальный процент результативности по данному модулю (120%). Примерная логика ответа: «В воде на корону действует большая выталкивающая сила. Следовательно, она имеет больший объем, чем слиток. Так как их массы равны, то плотность короны меньше. Значит она сделана из другого металла».

Этот диалог не только подводит итог изучения модуля, но и позволяет перейти к обсуждению условий плавания тел. Учитель делает это объяснение в интерактивной форме, уже не тратя времени на диалог (в течение 10–15 минут, используя вопросно-ответную форму работы). Описывая 3 варианта соотношения плотностей тела и жидкости, он изображает на доске действующие на тело силу тяжести и выталкивающую силу. Отношение этих сил равно отношению плотностей. Ребята конспектируют параллельно с объяснением.

Оставшееся время урока учащиеся усваивают полученную информацию, проходя тест «Условия плавания» на платформе. Первый урок занятия завершается еще одним кратким повторением изученного: «Что ты запомнил сегодня?» Учитель спрашивает разных детей и быстро фиксирует ключевую информацию на доске.

На последнем уроке учащиеся должны выполнить комплексное итоговое проверочное задание. Его цель: оценить уровень достиже-

ния всех предметных результатов модуля, а также уровень сформированности исследовательских УУД. Методика оценки УУД подробно описана в отдельной статье [3]. Работа выполняется каждым учеником полностью самостоятельно. На нее отводится весь урок. Помощь преподавателя в каком-либо моменте означает более низкий уровень формирования соответствующего учебного действия. Итоговая работа носит характер простого экспериментального исследования.

Итоговая проверочная работа по модулю «Закон Архимеда»

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Описание ЯВЛЕНИЯ: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила. При ее расчете учитывается объем вытесненной телом жидкости. А что будет, если только часть тела погружена в жидкость?

1.2 Исследовательский ВОПРОС. **Как выталкивающая сила зависит от глубины погруженной части тела?**

1.3. ГИПОТЕЗА:

1.4. ИССЛЕДУЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ПАРАМЕТРЫ:

1.4.1 Изменяемая величина —

1.4.2. Зависимая величина —

1.4.3. Фиксированные параметры:

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. ОБОРУДОВАНИЕ (*запиши список*):

Цена деления динамометра =

Цена деления мензурки =

2.2. ЭКСПЕРИМЕНТ (*опиши, как ты делал эксперимент*):

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (*результаты измерений*)

3.2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ (*постройте график зависимости на листке в клетку*)

4. АНАЛИЗ ДАННЫХ

4.1. ВЫВОД:

4.2. Гипотеза подтвердилась? _____

4.3. Рассчитай **плотность** тела.

4.4. Рассчитай **выталкивающую силу**, действующую на тело, полностью погруженное в воду. **Сравни** рассчитанное с результатом измерения.

4.5. ОБЪЯСНЕНИЕ. **Почему** данное тело тонет в воде?

4.6. СХЕМА. **Нарисуй рисунок: тело на динамометре в воде.**

Укажи и подпиши действующие на него силы.

Оценивание результатов изучения модуля

Разметка рабочего листа помогает учителю соотносить каждый из элементов ответа с соответствующим предметным и метапредметным результатом. Фото рабочего листа ученик выкладывает на платформу на проверку. Проверка итоговой работы каждого учащегося выполняется учителем уже после урока и происходит по упрощенному алгоритму, который при наличии соответствующей технологии может быть передан искусственному интеллекту.

Основу этого алгоритма составляют: 1) разметка рабочего листа, 2) операциональное описание всех проверяемых результатов (учебных действий), 3) индикаторы выполнения каждого учебного действия, 4) критерии успешного выполнения или рубрикатор.

В настоящий момент, даже при использовании алгоритма, ручная проверка одной работы с фиксацией оценки каждого действия в отдельной таблице занимает около 2 минут. Общая оценка работы без фиксации отдельных действий может быть сделана по упрощенному алгоритму за 30 секунд (в этом случае ученик получает только один из 4-х вариантов оценки: незачет, 60%, 80%, 100%). Оценка выставляется на платформе. В результате изучения модуля каждый ученик получает общую оценку его освоения, которая выставляется автоматически на основе учета всех выполненных (и выложенных) на платформе заданий. Эта оценка фиксирует в виде численного показателя уровень продемонстрированных учащимся результатов. Если он успешно справился со всеми основными заданиями базового уровня — показатель 2.0 (эквивалентно удовлетворительной отметке). Если зачтена итоговая работа — 3.0 (эквивалентно «4» или «5» в зависимости от процента выполнения итоговой работы). Если дополнительно к итоговой ученик выполнил сложное задание или ответил на сложный вопрос — 4.0 (превышает отличную отметку, так как условно может быть обозначен как олимпиадный уровень).

Заключение

Подведем итоги.

1. Модульный подход может быть успешно использован при изучении курса физики основной школы, что позволяет сконцентрировать и интегрировать его содержание.

2. В рамках модульного подхода можно выстроить единую логику изучения каждой темы, реализовав проблемно-исследовательский цикл освоения материала: от постановки проблемы, через исследование, к обобщению и применению знаний.

3. Модульный подход легко реализуется в цифровой среде, что позволяет обеспечить автоматизированную оценку образовательных результатов, в том числе с использованием искусственного интеллекта.

Литература

1. Большие идеи для содержания образования / М.В. Гасинец, Н.А. Авдеенко, А.М. Михайлова, О.Д. Федоров, Т.В. Пащенко; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. — М.: НИУ ВШЭ, 2020.

2. Ловягин С.А. Лабораторное исследование как способ достижения метапредметных результатов // Физика в школе. 2023. № 6. С. 36–44.

3. Ловягин С.А. Система интегрированной оценки метапредметных и предметных результатов при проведении лабораторных исследований по физике на основе использования искусственного интеллекта // Школа будущего. 2024. № 1. С. 54–69.

4. Ловягин С.А. Физика в цифре. Изучение физики в насыщенной цифровой среде в 7–9 классах на основе лабораторных исследований и цифровых инструментов: Учебно-методическое пособие. — Воронеж: Издательство «Научная книга», 2023.

5. Холмс У., Бялик М., Фейдел Ч. Искусственный интеллект в образовании: Перспективы и проблемы для преподавания и обучения / Уэйн Холмс, Майя Бялик, Чарльз Фейдел. — М.: Альпина ПРО, 2022.

6. Юцвявичене П. Теория и практика модульного обучения. — Каунас: Швиеса, 1989.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ УРОКОВ УЧЕБНОГО И КАЛЕНДАРНОГО ГОДА

METHODOLOGY FOR DELIVERING THE FINAL LESSONS OF THE ACADEMIC AND CALENDAR YEAR

Научная статья

Scientific article

ББК 74.200.25

УДК 371.315:37.091.4

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_22

<p>Э.С. Пушкарева, аспирант, Московский педагогический государственный университет, Москва; errna23@gmail.com</p>	<p>E.S. Pushkareva, graduate student, Moscow Pedagogical State University, Moscow; errna23@gmail.com</p>
<p>Ключевые слова: заключительные уроки, командная работа, критическое мышление, творческие уроки</p>	<p>Keywords: final lessons, teamwork, critical thinking, creative lessons</p>
<p>Аннотация. В статье рассматривается проблема снижения учебной мотивации учащихся в преддверии новогодних каникул и окончания учебного года. Предлагаются способы повышения их интереса через организацию исследовательских и творческих занятий. Представлены два типа уроков: подготовка к исследовательской деятельности и творческий урок, включающий работу в группах по созданию рассказов об ученых. Описан ход каждого урока, результаты и выводы, сделанные учащимися. Подчеркивается важность формирования критического мышления учащихся, умений работать в команде и самостоятельно осуществлять поиск информации</p>	<p>Abstract. The article examines the problem of decreasing students' learning motivation on the eve of the New Year holidays and the end of the school year. It is suggested to increase students' interest through organizing research and creative activities. Two types of lessons are presented: preparation for research activities and a creative lesson, including work in groups to create presentations about scientists. The following are described: course of each lesson, the results and conclusions made/documentated by students. The importance of developing students' critical thinking, teamwork skills, and independent information search are emphasized</p>

© Пушкарева Э.С., 2024

Часто на заключительных уроках в конце календарного и учебного года интерес учащихся к учебе снижается. В этот период чаще всего ученики думают о каникулах, накапливается усталость, которую трудно преодолеть. В основном оценки уже выставлены, а учебная литература сдана в школьную библиотеку, ученики готовятся к экзаменам или стараются улучшить свои показатели.

В конце учебного года многие учителя участвуют в проведении экзаменов, и поэтому свободные педагоги заменяют своих коллег. В результате проводятся сдвоенные в одном классе или объединенные уроки для

разных классов. На них ребята часто просто отдыхают, смотрят фильмы и обсуждают поведение героев, изучают историческую информацию об ученых и т.п.

Такие уроки хотелось бы разнообразить, ведь они позволяют реализовать идеи, на которые в течение учебного года не было времени. На основных уроках требовалось изучить, обсудить учебный материал и отработать навыки решения задач. Молодому учителю бывает трудно подобрать задания для завершающих уроков, и поэтому для них предлагаются такие занятия и задания к ним, которые уже опробованы.

В моей небольшой практике были про-

ведены два типа уроков в конце учебного и календарного года, которые отвечали требованиям Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования [1] и были направлены на получение знаний и развития умений учащихся.

Первый урок посвящался подготовке учащихся к исследовательской деятельности. На сдвоенном уроке (физический практикум, урок+замена и другие варианты) в 7 классе в конце второй четверти учащимся предлагалось смастерить из бумаги самолет, который сможет пролететь как можно дальше. Разрешалось обращаться к материалам из интернета, использовать бумагу, а также пластилин для утяжеления отдельных частей самолета.

Первым делом школьники нашли в интернете информацию о том, какой самолет быстрее и как смастерить его из бумаги [2; 3]. Ученики собирали его по инструкции, найденной на сайте OrigamiMagic.ru [2; 3]. Но, несмотря на прекрасный эстетический вид, при проведении эксперимента оказалось, что самолет падает, пролетев около 1 метра, и не обладает свойствами, описанными в интернете. Данный эксперимент позволял учащимся понять, что информация из интернета бывает ложной и требует анализа, проведения подтверждающего или опровергающего эксперимента и наличия экспертного мнения или публикации в официальном издании. Данный нюанс позволяет обсудить с учениками вопросы получения и обработки информации, а также потребность в сформированности критического мышления. Благодаря ситуации, сложившейся на данном уроке, в дальнейшем можно обсудить проекты учащихся: презентации, доклады, выступления на конференциях и подбор информации для данных видов работ.

После получения отрицательного опыта ребята собирали обычные самолеты (рис. 1 и 2) [4], которые усовершенствовали собственными силами. Сначала проверяли,

как меняется дальность полета в зависимости от смещения центра массы. Прикрепляли пластилин в нос самолета, в хвост, вдоль центральной линии сгиба, а также сверху и снизу крыла.

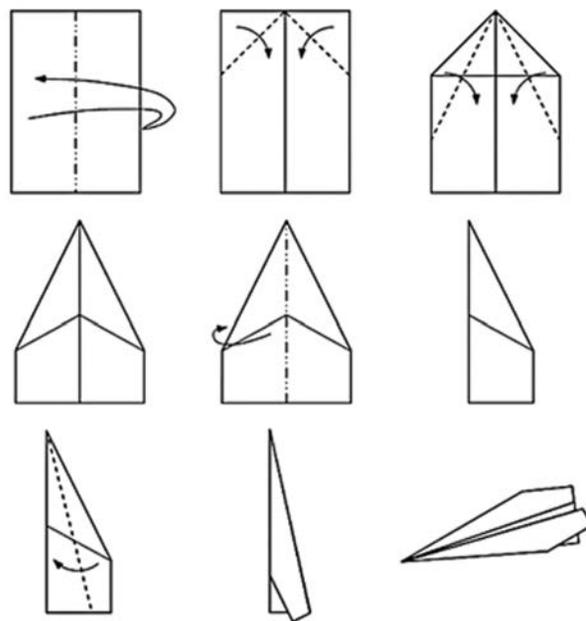


Рис. 1

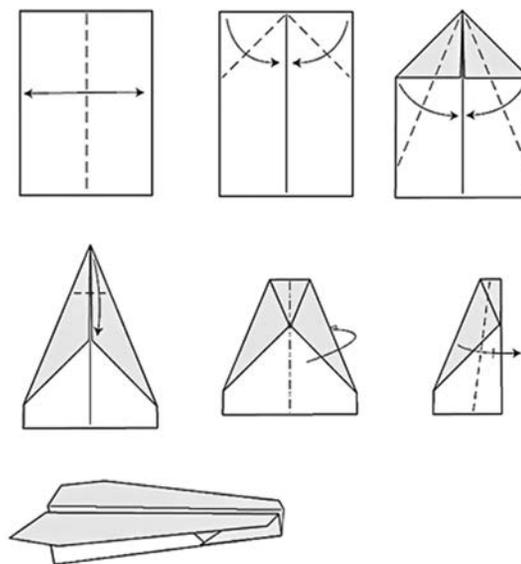


Рис. 2

Кроме экспериментов с утяжелением самолета они наблюдали, как меняется дальность полета в зависимости от формы и пло-

щади крыла. Крылья сгибали, уменьшали, делали перпендикулярные крылу изгибы, пробовали делать у самолета закрылки. Также пробовали менять форму хвоста самолета, приподнимали его, делали надрыв, пытались сделать хвост, как у настоящего самолета. Изменяя конфигурацию, учащиеся наблюдали, как изменяется полет модели: начинает ли он делать петли, кренит ли его на правый или левый бок, увеличивается или уменьшается дальность полета, а также обменивались полученной информацией с одноклассниками.

Данный эксперимент обладает недостатками, такими как изменчивая сила запуска, угол наклона и препятствия на пути самолета. Поэтому эксперименты проводились в коридоре рядом с кабинетом во время урока, чтобы уменьшить количество преград. Для уменьшения влияния силы запуска и угла наклона эксперимент с самолетом проводился 5–10 раз, чтобы сравнивать среднее значение дальности полета.

В конце занятия ребята по желанию делились результатами устно в виде небольшого рассказа и письменно в тетрадях изложили свои заключения. После окончания урока вместе с классным руководителем все учащиеся отправились в спортивный зал и запустили свои самолеты.

Кроме предложенного варианта с изменением центра тяжести по желанию учителя можно провести занятия по исследованию дальности полета в зависимости от плотности бумаги. А также можно рассказать, что существуют рекорд в книге Гиннеса, в которой отражено, что самый дальний полет бумажного самолета составляет 88,31 м и принадлежит Диллону Рублу (США) при поддержке Натаниэля Эриксона и Гаррета Дженсена (оба из США) [5]. «Для Книги рекордов Гиннеса мы в конечном итоге остановились на бумаге формата А4 (размеры 210×297 мм) и довели вес до максимума — 100 граммов на квадратный метр», — сказал Дженсен. «Чем тяжелее бумага,

тем больше импульс, когда вы собираетесь ее бросить» (цит. по [5]).

Данный урок вызвал интерес и приятные эмоции у учащихся, так как они были довольны самим заданием и результатами его выполнения, проявляли активность при проведении такого занятия. Также у них присутствовал соревновательный момент в сравнении дальности полета, разнообразия конфигураций самолета и др.

Другим типом занятий в конце учебного года являлся творческий урок, на котором ученики разбивались на группы и создавали небольшие рассказы об ученых. Такой урок был проведен в трех 7-ых классах. В начале учащиеся вместе с учителем вспоминали фамилии ученых, о которых говорили на уроках физики, и записывали их на доске. Затем ребята распределялись на группы по 2–3 человека и выбирали фамилию ученого, записанную на доске. Распределение времени приведено в таблице 1.

В течение 15 минут мини-группы искали информацию об ученом: биографические данные, проведенные исследования, изобретения и интересные факты биографии. Затем учащимся отводилось 10 минут для распределения частей доклада между собой, так как обязательным условием являлось совместное выступление членов команды. Это важно, поскольку каждый должен научиться представлять информацию.

В зависимости от количества школьников на уроке представление сообщений занимало от 25 до 35 минут, после выступления была возможность задавать вопросы. Во время выступления одной группы остальные должны были зафиксировать открытия и изобретения, сделанные ученым.

После сообщения одной группы учитель спрашивает у остальных об информации, которую следует записать в таблицу рядом с фамилией ученого. Таким образом, по итогам такого сдвоенного урока учащиеся повторяют некоторые законы, исторический материал, учатся работать в команде, выступать перед аудиторией, а также разви-

Таблица 1

Ход сдвоенного урока

Этап урока	Деятельность учителя	Деятельность учащихся	Время
Организационный этап	Рассказать учащимся об уроке		5 минут
Повторение	Изображение таблицы	Вспомнить фамилии ученых, которые были наиболее значимы в науке	5 минут
Этап самостоятельной работы	Координирование работы в группах	Работа в группах по поиску информации и подготовке сообщения	20 минут
Распределение ролей	Наблюдение и помощь в разрешении спорных ситуаций	Распределение частей доклада между собой, так как это обязательное условие	10 минут
Этап выступлений	Координирование выступлений	Рассказать про ученого, записать важное в таблицу	25–35 минут
Рефлексия	Координирование беседы	Обсуждение занятия	10 минут

вают умения работы с информацией: поиск, анализ, представление и восприятие ее на слух. Результат такой работы представлен в таблице 2. Жирным и курсивом выделена информация, которая упоминается в курсе 7 класса.

В конце урока с учащимися проводилась беседа (рефлексия на 10 минут) о том, как они считают, что получилось, а что не получилось, что в следующий раз стоит улучшить, что каждый участник внес в решение поставленных задач, как они оценивают других. Многие ответы ученики записывали самостоятельно в тетрадях, однако, если у кого-то было желание высказаться, это приветствовалось. Задача учителя состояла в координировании хода беседы и в том, чтобы помочь ребятам высказывать свое мнение без излишней критики одноклассников.

В конце года после выставления отметок представляется целесообразным проведение творческих или подготовительных к исследовательской деятельности уроков, так как это позволяет повысить мотивацию учащихся, проявить творческий подход, улучшить навыки взаимодействия с обще-

ством в лице одноклассников и многое другое. Данные уроки позволяют достигать целый комплекс результатов, отраженных в ФГОС ООО [1; 17].

Метапредметные результаты:

– «оценивать надежность информации по критериям, предложенным педагогическим работником или сформулированным самостоятельно; (проверить, возможно ли сделать эксперимент, продемонстрированный в видео фрагменте, и сделать выводы о том, с какими трудностями сталкиваются при повторении эксперимента) (познавательные УУД) [1];

– «публично представлять результаты выполненного опыта (эксперимента, исследования, проекта)» и «замечать вклад каждого члена команды в достижение результатов, разделять сферу ответственности и проявлять готовность к предоставлению отчета перед группой» (коммуникативные УУД) [1];

– «объяснять причины достижения (не достижения) результатов деятельности, давать оценку приобретенному опыту, уметь находить позитивное в произошедшей ситуации» (регулятивные УУД) [1].

Таблица 2

Ученые и их открытия и изобретения

Ученые	Тема, в которой упоминается имя ученого	Открытия, изобретения	Другие сферы интересов
Роберт Броун	Строение вещества	Броуновское движение , описал строение семязачатки и установил различие между голосеменными и покрытосеменными растениями (1825), обнаружил процесс полового скрещивания (опыления) у высших растений, описал ядро растительной клетки [6]	Ботаника
Исаак Ньютон	Механическое движение	Закон всемирного тяготения, три закона движения , создание дифференциального и интегрального исчисления, изобретение зеркального телескопа (собственноручно изготовленного им в 1668 г.), опыты над разложением света (кольца Ньютона, разложение белого света в спектр) [7]	Математика, философия
Роберт Гук	Механическое движение	Закон Гука , построил воздушный насос, совместно с Х. Гюйгенсом установил (около 1660 г.) реперные точки шкалы термометра — температуры таяния льда и кипения воды. Усовершенствовал барометр, зеркальный телескоп, применил зрительную трубу для измерения углов, сконструировал прибор для измерения силы ветра, машину для деления круга и другие приборы. С помощью модифицированного им микроскопа Гук наблюдал структуру растений и дал четкий рисунок, впервые показавший клеточное строение пробки (термин «клетка» был введен Гуком) [8]	Биология, математика
Блез Паскаль	Давление. Сила Архимеда	Основоположник гидростатики: установил закон, названный его именем, объяснил принцип действия гидравлического пресса , указал на общность основных законов равновесия жидкостей и газов. Опыт, проведенный под руководством Паскаля (1648 г.), подтвердил предположение Э. Торричелли о существовании атмосферного давления. Паскаль высказал также идею о зависимости атмосферного давления от высоты, открыл зависимость давления от температуры и влажности воздуха и предложил использовать барометр для предсказания погоды [9]	Математика, философия
Эванджелиста Торричелли	Давление. Сила Архимеда	Наиболее известны труды в области пневматики и механики. Показал, что воздух имеет вес, изобрел ртутный барометр , заложил основы гидравлики, вывел формулу для скорости истечения идеальной жидкости из сосуда (формула Торричелли), доказал некоторые теоремы баллистики [10]	Математика
Отто Герике	Давление. Сила Архимеда	Занимался строительством фортификационных сооружений, работал инженером в Эрфурте, занимался дипломатической деятельностью, на опыте проверил возможность создания пустоты (вакуума), что привело его к изобретению воздушного насоса (1650 г.). В 1654 г. он продемонстрировал с его помощью существование давления воздуха (знаменитый опыт с	Инженерия, философия

		« <i>магдебургскими полушариями</i> »), определил его плотность, показал, что звук не распространяется в пустоте, что животные в безвоздушном пространстве гибнут и т.д. В 1660 г. создал одну из первых электростатических машин. Построил первый водяной барометр и использовал его для метеорологических наблюдений, изобрел гигрометр, сконструировал воздушный термометр, манометр [11]	
Архимед	Давление. Сила Архимеда	Закон Архимеда (легенда про корону и Гиерона). Считается, что Архимед был изобретателем так называемого архимедова винта, который служил для подъема воды на поля и явился прообразом корабельных и воздушных винтов, хотя, судя по всему, такого рода устройство использовалось и раньше. Трактаты <i>О шаре и цилиндре, Об измерении круга, О коноидах и сфероидах, О спиралях и О квадратуре параболы.</i> Работы по геометрическому анализу статических и гидростатических задач: <i>О равновесии плоских фигур, О плавающих телах.</i> Математические работы: <i>О методе механического доказательства теорем, Исчисление песчинок, Задача о быках</i> и сохранившийся лишь в отрывках <i>Стомахийон.</i> Один из основоположников успешного применения геометрии к статике и гидростатике [12]	Математика, изобретательство
Константин Эдуардович Циолковский (стоит оставить на 9 класс)	Силы	«Свободное пространство», (вывод о возможности использования реактивного движения для перемещения в мировом пространстве), воздухоплавание, изобретатель в области аэродинамики, ракетодинамики, теории самолетостроения и дирижаблестроения; основоположник современной космонавтики, разработал теорию многоступенчатых ракет. Он первым решил задачу о движении ракеты (вывел так называемую формулу Циолковского) в неоднородном поле тяготения и рассмотрел влияние атмосферы на полет ракеты, а также вычислил необходимые запасы топлива для преодоления сил земного притяжения, опубликовал теорию и схему поезда на воздушной подушке, разработал теорию полета реактивных самолетов в стратосфере и схемы устройства самолетов с гиперзвуковыми скоростями [13]	Математика, астрономия, преподавание
Сергей Павлович Королёв (стоит оставить на 9 класс)	Не упоминается. Можно рассказать, когда говорим о К.Э. Циолковском	Создал ряд конструкций успешно летавших планеров, увлекался проблемами полета в верхних слоях атмосферы с использованием ракетных двигателей, создал ряд проектов летательных аппаратов, в том числе управляемой крылатой ракеты 212 и ракетопланера РП-318-1. Под его руководством созданы многие твердотопливные и жидкостные баллистические ракеты (наземного и морского базирования), геофизические ракеты, ракеты-носители для запуска космических аппаратов. С именем Королёва связано начало эры освоения человечеством космического пространства: запуск первого искусственно-го спутника Земли (4 октября 1957 г.), ракетно-	Конструирование

		космические системы, разработанные под руководством Королёва, позволили впервые осуществить запуски различных искусственных спутников Земли [14]	
Джеймс Прескотт Джоуль (стоит оставить на 8 класс)	Механические явления (энергия)	Закон Джоуля–Ленца, эквивалент теплоты, эффект магнитного насыщения, явление магнитострикции, закон сохранения энергии , эффект Джоуля–Томсона и другое [15]	
Джеймс Ватт (стоит оставить на 8 классе)	Механические явления (энергия)	Усовершенствование паровой машины, ввел «лошадиную силу» [16]	Конструирование и ремонт приборов

Предметные результаты:

– опыт поиска, преобразования и представления информации физического содержания с использованием информационно-коммуникативных технологий; в том числе умение искать информацию физического содержания в сети Интернет, самостоятельно формулируя поисковый запрос; умение оценивать достоверность полученной информации на основе имеющихся знаний и дополнительных источников [1];

– освоение обучающимися в ходе изучения учебного предмета научных знаний, умений и способов действий, специфических для соответствующей предметной области (для урока подготовки к исследованию) [1].

Личностные результаты:

– способность действовать в условиях неопределенности, повышать уровень своей компетентности через практическую деятельность, в том числе умение учиться у других людей, осваивать в совместной деятельности новые знания, навыки и компетенции из опыта других [1];

– навык выявления и связывания образов, способность формирования новых знаний, в том числе способность формулировать идеи, понятия, гипотезы об объектах и явлениях, включая ранее неизвестные, осознавать дефицит собственных знаний и компетенции, планировать свое развитие (для урока подготовки к исследованию) [1];

– быть готовым действовать в отсутствие гарантий успеха (для урока подготовки к исследованию) [1].

Проведение подобных итоговых уроков позволяет уменьшить эмоциональное напряжение учащихся и учителя, предоставляет возможность взаимодействия между ними в ситуации отсутствия оценок, так как каждый будет оценивать себя и своих одноклассников самостоятельно, что позволяет снизить страх получения плохой оценки при выступлении.

Литература

1. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования: Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 https://nosch1.gosuslugi.ru/netcat_files/161/2509/FGOS_OOO_2022.pdf (дата обращения: 08.07.2024).
2. Оригами самолет-истребитель МиГ 29. — URL: <https://origamimagical.ru/origami-samolet-istrebiteel-mig-29/> (дата обращения: 08.07.2024).
3. Как сделать самолет из бумаги, который долго летает. — URL: <https://rutube.ru/video/e9d5e100816d33baea3591c692bcf2f4/?r=wd> (дата обращения: 08.07.2024).
4. Скосырева О. 5 самых лучших моделей бумажных самолетиков. — URL: <https://www.samara.kp.ru/daily/26119/3013023/> (дата обращения: 08.07.2024).
5. Kekeris M. Duo's paper airplane seizes Guinness World Records status. — URL: <https://onfirst-up.com/boeing/BNN/articles/duo-s-paper-airplane->

seizes-guinness-world-records-status-1?bypass_deepink=true (дата обращения: 08.07.2024).

6. *Брун, Роберт*. — URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/BROUN_ROBERT.html (дата обращения: 10.07.2024).

7. *Ньютон, Исаак*. — URL: <https://www.physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Persones/Newton.html> (дата обращения: 16.03.2024).

8. *Гук, Роберт*. — URL: <https://physchem.narod.ru/Source/History/Persones/Hooke.html> (дата обращения: 25.02.2024).

9. *Паскаль (Pascal), Блез*. — URL: <https://www.physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Persones/Pascal.html> (дата обращения: 25.01.2024).

10. *Торичелли, Эванджелиста*. — URL: <https://www.physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Persones/Torricelli.html> (дата обращения: 25.02.2024).

11. *Герике, Отто*. — URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/GERIKE_OTTO.html (дата обращения: 25.03.2024).

12. *Архимед*. — URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/matematika/ARHIMED.html (дата обращения: 5.04.2024).

13. *Циолковский К.Э.* — URL: <https://www.ras.ru/ktsiolkovskyarchive/about.aspx> (дата обращения: 07.07.2024).

14. *Королёв С.П.* — URL: <https://bigenc.ru/c/koroliov-sergei-pavlovich-0efbb9?ysclid=lyc2101fzk780136006> (дата обращения: 07.07.2024).

15. *Джоуль, Джеймс Прескотт*. — URL: <https://www.physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Persones/Joule.html> (дата обращения: 25.02.2024).

16. *Уатт, Джеймс*. — URL: <https://physchem.narod.ru/Source/History/Persones/Watt.html> (дата обращения: 26.01.2024).

17. О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, утверждённый приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 18.07.2022 N 568 URL: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/46593b22b760acc6966815c78e5b95e.pdf> (дата обращения: 08.03.2024).

Дата поступления рукописи (Received): 27.08.2024.
Опубликовано (Published): 19.11.2024.

Информация

Новые китайские спутники создают проблемы

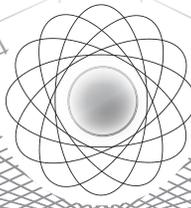
Недавний запуск китайских спутников Qianfan вызвал волну беспокойства в астрономическом сообществе. Благодаря своей исключительной яркости эти спутники, являющиеся частью коммуникационного мегасозвездия, вызывают вопросы об их влиянии на наблюдение ночного неба.

Амбициозный проект, запущенный компанией Shanghai Spacecom Satellite Technology (SSST), призван составить конкуренцию знаменитым спутникам Starlink компании SpaceX. Его цель — обеспечить высокоскоростной доступ в интернет в Китае и, возможно, в других частях мира, особенно в сельских или отдаленных районах, где наземная инфраструктура ограничена. Компания надеется развернуть не менее 15 000 спутников к 2030 г. Первая партия спутников Qianfan была запущена 6 августа 2023 г. с помощью ракеты-носителя Чанчжэн-6А на низкую околоземную орбиту (НОО) высотой около 550 км и составила в общей сложности 18 спутников.

Первые результаты показали, что их яркость намного выше, чем ожидалось. Когда они находятся непосредственно над наблюдателем, их видимая величина достигает 4, что делает их такими же яркими, как многие звезды, видимые из городских районов. На уровне горизонта их яркость резко снижается. Для спутников связи на низкой околоземной орбите (НОО) мы обычно ожидаем видимую величину от 6 до 8. Такая интенсивность свечения, естественно, вызывает опасения у астрономов, как любителей, так и профессионалов.

Помимо визуального воздействия спутники Qianfan излучают радиосигналы для передачи данных. Это приведет к нарушению работы радиоастрономических приборов, так как они предназначены для приема очень слабых сигналов от астрономических источников. Поэтому фоновый шум, вызванный орбитальными спутниками, может маскировать эти сигналы, затрудняя наблюдения.

Источник: <https://new-science.ru/novye-kitajskie-sputniki-sozdajut-problemy/>



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ МОТИВИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

USING THE CAPABILITIES OF ROBOTICS TO MOTIVATE STUDENTS TO STUDY PHYSICS AND ASTRONOMY

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_30

Е.Б. Петрова , д.п.н., профессор, Московский педагогический государственный университет, Москва; eb.petrova@mpgu.su	E.B. Petrova , DrSci (Pedagogy), Professor, Moscow Pedagogical State University, Moscow; eb.petrova@mpgu.su
А.В. Серегин , аспирант, Московский педагогический государственный университет, учитель физики, школа № 1288; mr.seregin.andrey@gmail.com	A.V. Seregin , postgraduate student, Moscow State Pedagogical University, Physics teacher school № 1288; mr.seregin.andrey@gmail.com
Ключевые слова: предпрофессиональное образование, космические классы, интеграция дисциплин естественнонаучного цикла, астрономия, физика, моделирование, робототехника	Keywords: pre-professional education, space classes, integration of disciplines of the natural science cycle, astronomy, physics, modeling, robotics
Аннотация. В статье рассмотрена возможность изучения окружающего мира в рамках дополнительного образования средствами робототехники. Отсутствие в школе предмета «Астрономия», на наш взгляд, делает затруднительным освоение учащимися естественных наук и ряда инженерных умений в космических инженерных классах. Описанный в статье курс может быть полезен для устранения этой проблемы. Большое внимание в нем уделяется не только астрономическому содержанию, но и деятельности учащихся по моделированию, разработке и сборке конкретных устройств, использование которых может быть полезным при исследовании космических объектов	Abstract. The article considers the possibility of studying the world around us in the framework of additional education by means of robotics. The absence of the subject «Astronomy» in school, in our opinion, makes it difficult for students to master natural sciences and a number of engineering skills in space engineering classes. The course described in the article may be useful to fix this problem. Much attention is paid not only to the astronomical content, but also to the activities of students in modeling, developing and assembling specific devices, the use of which can be useful in the study of space objects

© Петрова Е.Б., Серегин А.В., 2024

С 2015 г. по поручению президента Российской Федерации Департамент образования и науки города Москвы реализует проект «Инженерные классы».

Данный предпрофессиональный проект направлен на углубленное изучение таких дисциплин, как «Математика», «Информатика» и «Физика». К сожалению, предмета



Рис. 1. Классификация предпрофессиональных классов (выделен тип классов, о котором далее будет идти речь)

«Астрономия» среди них нет.

В соответствии с приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 г. астрономия была исключена из перечня обязательных школьных предметов [1]. О проблемах, возникающих в формировании целостной естественнонаучной картины мира у учащихся, уже многократно писали [2–6].

В очень сокращенном объеме изучать астрономию учащиеся могут на уроках «Окружающий мир» и «Физика» либо в рамках различных курсов внеурочной деятельности и дополнительного образования.

Таким образом, в инженерных классах, а далее мы будем говорить о космических инженерных классах, учащиеся не смогут получать необходимые им базовые естественнонаучные знания. Поэтому возникает необходимость в создании элективных, факультативных или курсов для дополнительного образования, которые позволили бы устранить этот недостаток.

Одним из авторов данной статьи разра-

ботан учебный курс «Применение робототехнических устройств в области астрономии», который входит в образовательную область «Естествознание». Он включает 38 часов аудиторных занятий и часы самостоятельной работы учащихся. В неполном объеме предложенный курс может быть использован также при изучении информатики и физики в непрофильных классах.

Разработанный элективный курс предназначен для учащихся 9 классов. Его целью является изучение основ астрономии и демонстрация ее тесной связи с робототехникой, естествознанием и физикой. Программа курса направлена на развитие осознанного отношения учащихся к проблемам космонавтики и исследования небесных тел.

Успешное освоение программы курса требует некоторой подготовки учащихся в области программирования, которую можно осуществить при взаимодействии с учителем информатики.

При создании курса предполагалось, что учащиеся, изучающие астрономию и физику

с одновременным использованием различных моделей, созданных средствами робототехники, будут больше заинтересованы в получении естественнонаучных знаний. На первый взгляд может показаться, что это вещи малосвязанные. Однако это не так. Работоспособность любого реального устройства требует учета внешних условий его эксплуатации, а именно их изучают естественнонаучные дисциплины. Предлагая учащимся создать модель робота, который мог бы выполнять определенные задачи на плане-

тах Солнечной системы и их спутниках, мы ставим школьника в условия, когда он вынужден обратиться к информации о небесном теле, характеристиках его поверхности, атмосфере, тепловом и световом режимах и многом другом. Чтобы осмыслить полученные сведения и учесть их при создании работоспособного устройства, школьнику обязательно придется обратиться к учебникам физики и астрономии.

Рассмотрим подробнее программу данного элективного курса (табл. 1), в которой

Таблица 1

**Тематическое планирование элективного курса
«Применение робототехнических устройств в области астрономии»**

№	Тема занятия	Кол-во часов
Тема 1. Строение и эволюция Вселенной. Гелий (He)		
1	Этапы эволюции Вселенной	1
2	Явление термоядерного синтеза	1
3	Спектральный анализ. Спектроскоп	1
4–6	Разработка, сборка, программирование спектроскопа на Arduino	3
7	Вклад ученых в изучение гелия. Явление сверхтекучести	1
8	He-3 как топливо будущего. Методы добычи He-3	1
9–11	Создание модели автоматизированной солнечной печи для добычи He-3 на Arduino	3
12	Альтернативные способы получения энергии в будущем. Анализ целесообразности добычи и использования He-3	1
Тема 2. Робототехника в условиях космоса		
13	История автоматизированных космических аппаратов. Луноходы, марсоходы, космические телескопы	1
14	Проблемы, возникающие у конструкторов автоматизированных космических аппаратов. Поиск путей решения	1
15–16	Создание проекта робота — спутника-исследователя	2
17	Европа — спутник Юпитера. Подледный океан	1
18–19	Создание проекта робота-бурильщика	2

20–21	Создание проекта водоплавающего робота	2
22	Титан — спутник Юпитера. Метановые реки и озера	1
23–24	Создание проекта плавающего робота, способного работать при температурах ниже 120 К	2
Тема 3. Поиски жизни вне Земли		
25	Экзопланеты. Методы обнаружения экзопланет	1
26	Маркеры наличия жизни вне Земли	1
27	Знакомство с датчиками метана, кислорода, CO ₂ , озона для Arduino	1
28–32	Создание и программирование модели робота с буровой установкой, манипулятором и набором датчиков на базе Arduino	5
33	Кометы. Строение комет	1
34–36	Создание и программирование модели спутника кометы, захватывающего выброшенное вещество	3
37–38	Подведение итогов. Обобщение пройденного курса. Демонстрация лучших моделей созданных роботов	2

сделана попытка интеграции естественно-научных знаний с доступными школьникам возможностями робототехники.

Как видно из этой программы, она не дает систематических знаний по астрономии и физике. Однако позволяет достаточно подробно рассмотреть некоторые вопросы, связанные с современными исследованиями в области этих наук. На таких тематических уроках учитель получает возможность увлекательно рассказать об указанных проблемах, ответить на вопросы учащихся. Наш опыт преподавания свидетельствует о том, что именно вопросы современных исследований в области астрономии и физики, исследования планет, поиска внеземной жизни и многие другие являются наиболее привлекательными для школьников.

Разумеется, этот курс не может быть реализован в отрыве от школьных предметов, изучаемых обучающимися в рамках обязательных часов. При его организации учитель должен очень хорошо изучить все возможности использования не только межпредметных, но и внутрипредметных связей.

Очевидно, что исследование космоса является одной из самых сложных задач, которая стоит перед учеными. В течение каждой миссии космонавты встречаются лицом к лицу с рядом трудностей и опасностей. К сожалению, организм человека не совершенен и неспособен пережить ряд экстремальных условий, с которыми он может столкнуться за пределами планеты Земля. Перепад температур, высокое атмосферное давление, труднодоступные места, космическая радиация — неполный список того, с чем на данном этапе технологического развития человечество не в силах совладать. Однако, программируемые или управляемые роботы уже сегодня выполняют непосильные для человек работы.

В рамках данного курса рассматриваются современные проблемы космонавтики, пути их преодоления с помощью автоматизированных систем. Обучающиеся знакомятся с различными природными внеземными условиями, проводят аналогии с подобными условиями на Земле, а затем предлагают, разрабатывают и впоследствии

создают всевозможные модели роботов, способные решить поставленные задачи. В связи с этим описанный курс дает возможность учителю использовать вариативные подходы к обучению, а также такие методы, как метод моделирования, кейс-метод и метод проектов.

Несомненным достоинством предлагаемого курса, на наш взгляд, является возможность помимо уроков-рассказов и уроков-обсуждений проводить еще и практические занятия, на которых учащиеся смогут собственными руками собрать модель робота, создать для нее управляющую программу, проверить устройство в действии.

Школьникам предстоит собрать не только функциональных роботов, но и модели некоторых объектов и процессов. Например, создать модель спутника кометы, захватывающего выброшенное вещество.

Примечательно, что данный курс опирается на универсальный метод естествознания — моделирование. Учащиеся знакомятся с разными видами моделирования, учитель акцентирует их внимание на особенностях той или иной модели, демонстрирует необходимость и важность рассматриваемого метода для изучения различных объектов естествознания. Астрономия в этом смысле является очень показательной областью, так как многие из объектов ее исследования являются малодоступными для непосредственного изучения [7].

В тематическом планировании предусмотрены итоговые занятия, на которых весь класс может ознакомиться с наиболее интересными созданными их товарищами моделями, обсудить их, предложить различные способы усовершенствования и т.п.

В итоге учитель получает возможность формирования у учащихся умения исследования окружающего мира средствами робототехники. Но это конечная цель, к которой придется идти поэтапно, формируя более частные умения. Например, умения формулировать проблему, объяснять естественнонаучные явления, создавать моде-

ли для описания и предсказания поведения естественнонаучных систем, интерпретировать и обрабатывать данные, полученные в результате наблюдений и экспериментов, принимать решения на основе научного подхода. Среди перечисленного можно выделить умения, которые необходимы и формируются и на других уроках, так как относятся к метапредметным. Однако есть и более специфичные. Например, способность выбирать между различными гипотезами и решениями, опираясь на научные факты и аргументы, умение делать предсказания на основе данных и проверять их экспериментально. Причем средства робототехники делают этот выбор очевидным, так как в результате управляющая программа заработает или нет, сама модель робота будет выполнять заданные функции или нет. Таким образом, разработанный курс позволяет решить учителю множество интереснейших педагогических задач, а учащимся совместно друг с другом и учителем — задачи конструкторские.

Для контроля теоретических знаний по темам учитель может использовать небольшие проверочные задания, которые предполагают выбор одного из приведенных ответов. Например, по теме «Строение и эволюция Вселенной. Гелий» задания могут быть следующими.

Задание 1. В результате первичного нуклеосинтеза во Вселенной образовались следующие химические элементы:

а) только водород; б) водород и гелий; в) водород, гелий и литий; г) все нерадиоактивные элементы таблицы Менделеева.

Задание 2. Какая масса галактики приходится на звезды?

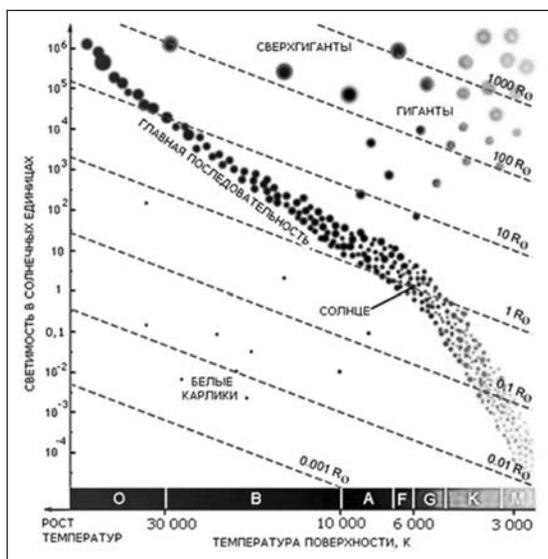
а) 100%; б) более 98%; в) 48%; г) менее 5%.

Задание 3. Звезда на диаграмме Герцшпрунга–Рассела после превращения водорода в гелий перемещается по направлению:

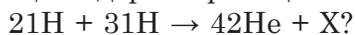
а) вверх по главной последовательности, к голубым гигантам;

- б) от главной последовательности к красным гигантам и сверхгигантам;
- в) в сторону низких светимостей;
- г) в сторону ранних спектральных классов;
- д) звезда любой массы в процессе эволюции однажды попав на главную последовательность от нее не отходит.

Задание 4. Найти на диаграмме Герцшпрунга–Рассела (отметить) звезду по следующим характеристикам: $T = 17000 \text{ К}$, $L_{\odot} = 10^3$.



Задание 5. Чему равно зарядовое число частицы X, которая выделяется в результате следующей ядерной реакции:



- а) 1; б) 0; в) -1; г) 2.

Таким образом, разработанный курс основывается на содержании физики, астрономии и других естественных наук, требует использования универсального метода естествознания — моделирования, не может быть реализован без минимальной подготовки учащихся в области программирова-

ния и робототехники. То есть фактически является мощным интегратором в образовательной области «Естествознание».

Литература

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413».

2. Королев М.Ю. Об изменении подходов к преподаванию астрономии в школе // Физика в школе. 2023. № 8. С. 55–61.

3. Королев М.Ю., Петрова Е.Б., Чулкова Г.М. Преподавание астрономии в современной образовательной среде // Преподаватель XXI век. 2023. № 1–1. С. 71–83.

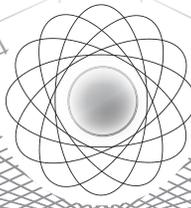
4. Королев М.Ю., Одинцова Н.И., Петрова Е.Б. Формирование естественнонаучной картины мира у учащихся средней школы на уроках естествознания // Физика в школе. 2023. № 2. С. 3–9.

5. Петрова Е.Б., Королев М.Ю. Формирование функциональной грамотности обучающихся в ходе выполнения проектных работ по астрономии // Физика в школе. 2021. № 6. С. 57–64.

6. Петрова Е.Б., Серегин А.В. О роли естественно-научных знаний при организации обучения в космических классах // В сборнике: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве. Материалы VI национальной научно-практической конференции (с международным участием). — Рязань, 2024. С. 74–77.

7. Королев М.Ю. Моделирование как метод научного познания: монография. — Москва, 2010.

Дата поступления рукописи (Received): 02.08.2024.
 Опубликовано (Published): 19.11.2024.



КАКУЮ ФОРМУ ИМЕЕТ ЛИНЗА

WHAT SHAPE DOES THE LENS HAVE

Научная статья

Scientific article

ББК 22.162

УДК 51-74

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_36

В.Ф. Очков , д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва; OchkovVF@mpei.ru	V.F. Ochkov , DrSci (Technical Sciences), Professor, Moscow Power Engineering Institute (National Research University); OchkovVF@mpei.ru
Ключевые слова: оптика, угол падения, угол преломления, коэффициент преломления, дифференциальное уравнение, физико-математический пакет SMath	Keywords: optics, angle of incidence, angle of refraction, refractive index, differential equation, physical and mathematical package SMath
Аннотация. В статье рассказано, как можно на компьютере в среде физико-математического пакета SMath рассчитать форму линзы, собирающей пучок света в фокусе	Abstract. The article describes how you can use a computer in the physical and mathematical package SMath to calculate the shape of a lens that collects a beam of light at a focus

© Очков В.Ф., 2024

Читатель, с каким запахом у тебя связано наступление весны?! Для многих это запах цветущей черемухи или терпкий запах распускающихся почек на березе или тополе. Для автора этой статьи запах весны — это запах... жженого дерева. И вот почему!

Самую раннюю весеннюю пору часто называют Весной Света. Февраль, снег еще и не думает таять, никаких цветов и листьев пока нет, но наконец-то после долгой зимы ярко засветило Солнце. Во времена детства автора многие пацаны в это время выбегали на улицу с лупами и выжигали картинки или слова на всем, что сделано из дерева (рис. 1). А лупы (увеличительные стекла) в те времена были практически в каждой семье. Приходит старость, глаза слабеют, нужны не только очки, но и лупа, если хочется почитать книгу, газету или журнал... Это сейчас тексты можно читать не только

без лупы, но даже и без очков. Достаточно пальцами или мышкой увеличить текст на компьютере, электронной книге или смартфоне.

А какую форму должна иметь лупа, чтобы параллельный пучок света, пройдя через лупу (линзу), сошелся в фокусе? Давайте ответим на этот вопрос, решив задачу в среде физико-математической программы SMath, которую можно за пару минут скачать с сайта www.smath.com и установить на своем компьютере или на компьютерах физического кабинета школы.

На рисунке 2 показана схема задачи о плоско-выпуклой линзе, выполненной из материала с показателем преломления n . Спрашивается, какой формы должна быть нижняя поверхность линзы (верхняя ее поверхность плоская), чтобы параллельный пучок света сошелся в фокусе, отстоящем от начала координат (от нижнего края лин-

зы) на расстоянии F (фокусное расстояние).

Мы намеренно повернули луч света вниз, чтобы упростить задачу. И линзу для



Рис. 1. Выжигание на дереве с помощью линзы

этого же перевернули выпуклой стороной вниз. Но обычно все оптические расчеты иллюстрируются схемами с горизонтальной оптической осью. И это неспроста. Оптик-экспериментатор собирает оптическую систему на оптической скамье именно в горизонтальном положении, поэтому гораздо легче сопоставить модель и установку при таком изображении.

Решение задачи о линзе показано на рисунке 2. Оно сводится к совместному решению одного дифференциального уравнения (производная равна тангенсу угла наклона касательной) и двух алгебраических уравнений. Первое алгебраическое уравнение — это математическая запись закона Снелла

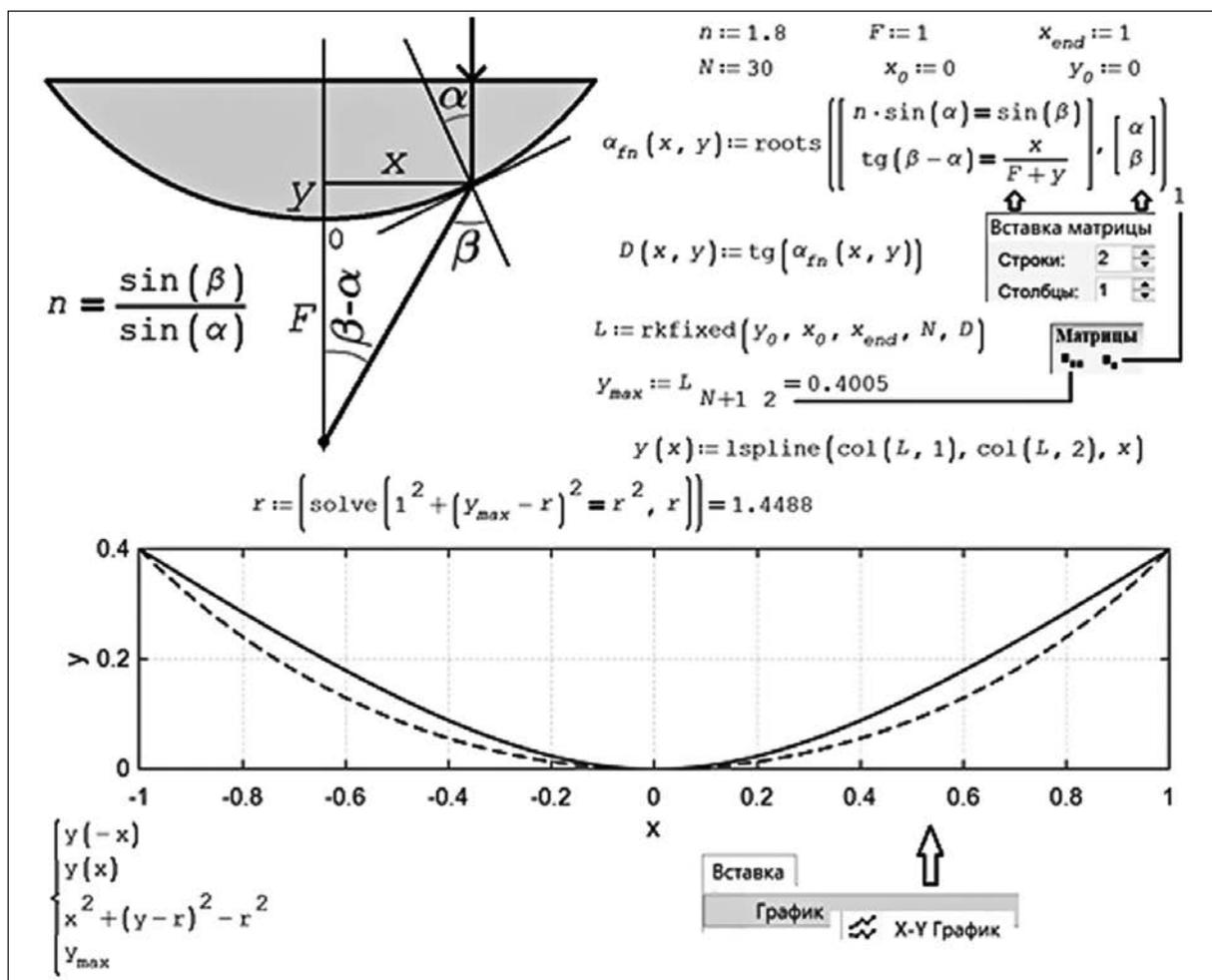


Рис. 2. Решение задачи о линзе

с показателем преломления n . Второе уравнение выражает тангенс угла в виде отношения длины противолежащего катета x к длине прилежащего катета $F + y$ (см. треугольник на схеме задачи). При решении системы двух алгебраических уравнений используется встроенная в SMath функция `roots`, которая генерирует функцию пользователя с именем α_{fn} и с двумя аргументами x и y . Далее формируется простейшее дифференциальное уравнение, правая часть которого — это тангенс функции пользователя α_{fn} . При решении используется встроенная в SMath функция `rkfixed`, возвращающая матрицу с двумя столбцами и $N + 1$ строками. Первый столбец — это дискретные значения x , а второй — y . Первая строка этой матрицы была задана — x_0 и y_0 . По столбцам матрицы сплайн-интерполяцией генерируется функция $y(x)$, по которой строится искомый график — профиль нижней части линзы. Он дополнен пунктирной дугой окружности, проходящей через три точки: начало координат и два края линзы. Радиус этой окружности r рассчитывается с помощью встроенной функции `solve`.

Вывод: линза, которая должна сфокусировать параллельный пучок света в точке, не имеет сферической формы.

Но линзы сферической формы проще изготавливать, в частности, шлифовать на полировальном круге сферической формы. При этом приходится мириться с так называемой сферической аберрацией — размазыванием фокуса (https://ru.wikipedia.org/wiki/Сферическая_абберация).

Кроме тригонометрического в наших расчетах присутствовало и другое важное допущение: показатель преломления n света является константой и не зависит ни от дли-

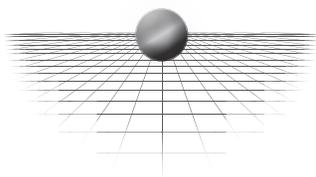
ны волны луча света, ни от интенсивности светового потока, ни от положения луча в веществе. Но это далеко не так. Вспомним стеклянную призму, которая расщепляет белый свет на цветовые составляющие и помогает, например, определять состав вещества (спектроскопия), находить гелий на Солнце (https://ru.wikipedia.org/wiki/Хроматическая_абберация). Или распространенные сувениры, где изображение создается лазером внутри остающейся целой стеклянной фигурки. Так проявляется самофокусировка, когда под воздействием луча меняется показатель преломления среды, заставляя луч сжиматься в микроскопическую точку, при этом в веществе происходит микровзрыв, оставляющий белый след внутри стекла. Или известное явление миража, вызванное тем, что в неравномерно прогретом воздухе показатель преломления меняется с высотой, и лучи света изгибаются над нагретой поверхностью песка или асфальта, создавая причудливые изображения предметов, находящихся вдали.

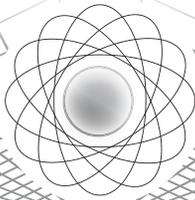
Литература

1. Аleshkevich В.А. Курс общей физики. Оптика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 320 с. (<https://studizba.com/files/show/pdf/77682-1-uchebnik--optika--aleshkevich-v-a.html>).
2. Очков В.Ф. Сказка о зайце и геометрической оптике // Физика в школе. 2022. № 4. С. 26–29.
3. Литературно-физическая композиция «Истории о зеркале и линзе» // Открытое образование. 2016. № 1. С. 34–42 (<http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Mirror-Lens.pdf>).

Дата поступления рукописи (Received): 29.04.2024.

Опубликовано (Published): 19.11.2024.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МИРОВОЙ ПОСТОЯННОЙ — ЧИСЛА e — В ФИЗИЧЕСКОМ ОПЫТЕ С ПОДВЕШЕННОЙ ЦЕПЬЮDETERMINATION OF THE FUNDAMENTAL WORLD CONSTANT — NUMBER e — IN PHYSICAL EXPERIMENT WITH A HANGED CHAIN

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.851

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_39

В.А. Красноперов , студент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург; vk.uspu@ya.ru	V.A. Krasnoperov , student, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg; vk.uspu@ya.ru
В.А. Бредгауэр , магистр педагогики, учитель физики, СОШ № 97 им. А.В. Гуменюка, г. Екатеринбург; cabinet24@yandex.ru	V.A. Bredgauer , Master of Pedagogy, physics teacher, Secondary School No. 97 named after. A.V. Gumenyuk Ekaterinburg; cabinet24@yandex.ru
В.Ю. Бодряков , д.ф.-м.н., заведующий кафедрой высшей математики и методики обучения математике, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург; bodryakovvyu@yandex.ru	V.Y. Bodryakov , DrSci (Physics and Mathematics), Head of the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg; bodryakovvyu@yandex.ru
Ключевые слова: лабораторная работа с транспредметными связями, обучение в школе и ВУЗе, цепная линия, число e	Keywords: laboratory work with transdisciplinary connections, school and university education, chain line, number e
Аннотация. В работе построена математическая модель опытов с подвешенной цепью, что позволило количественно изучить и интерпретировать свойства цепи как физического объекта и, в частности, определить фундаментальную мировую постоянную — число e . Найдено хорошее согласование расчетов по математической модели с результатами измерений. Показано, что описанный опыт может успешно проводиться в форме современной школьной лабораторной работы, реализующей транспредметные связи математики, физики, цифровых информационных технологий	Abstract. The work constructed a mathematical model of experiments with a hanged chain, which made it possible to quantitatively study and interpret the properties of the chain as a physical object, and, in particular, to determine the fundamental world constant — the number e . Good agreement was found between calculations using the mathematical model and measurements. It is shown that the described experiment can be successfully carried out in the form of modern school laboratory work that implements transdisciplinary connections between mathematics, physics, and digital information technologies

© Красноперов В.А., Бредгауэр В.А., Бодряков В.Ю., 2024

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации по теме «Формирование исследовательских и предметно-методических умений учителей математики и информатики с применением цифровых лабораторных работ и симуляторов»

Введение

В условиях острого дефицита инженерных и технологических кадров прочные знания в области фундаментальных наук, прежде всего математики и физики, являются основой для формирования профессиональных и личностных компетенций выпускников всех уровней отечественной системы образования [1]. Массовая качественная предметная естественнонаучная подготовка обучающихся с использованием современных образовательных технологий, дополненная гармоничным развитием «мягких» навыков (критическое, творческое, исследовательское, экспериментирующее, вычислительное мышление и др.), является основой технологического суверенитета страны [2; 3]. Особая ответственность здесь ложится на учителей в школе и преподавателей ВУЗов, включая педагогические. Очевидна актуальность разработки методистами-исследователями современных дидактических средств, мотивирующих обучающихся к настойчивому и непрерывному образованию и саморазвитию личности.

С нашей точки зрения, грамотно разработанные и поставленные лабораторные работы (ЛР), реализующие транспредметные связи математики, физики, цифровых информационных технологий, являются именно таким средством обучения [1–4]. Термин «транспредметные» подчеркивает естественное и неразрывное единство математики, физики, информатики, реализуемое в ходе выполнения ЛР. Это отличает понятие «транспредметности» от «привлечения межпредметных связей»: транспредметность, в отличие от последних, сущностна и ее нельзя «привлечь» или не «привлечь». В контексте настоящей работы отметим, что на страницах журнала «Физика в школе» в различных аспектах неоднократно обсуждалось математическое наполнение курса физики (см., например, статьи последних лет [5–9]).

Целью статьи является построение математической модели опытов с подвешенной

цепью как физическим объектом, количественное изучение свойств цепи и, в частности, определение фундаментальной мировой постоянной — числа e . Кроме этого, оценка дидактического потенциала таких опытов в качестве содержательной основы лабораторной работы, реализующей транспредметные связи математики, физики, информатики.

Математическая модель цепной линии

Свободно подвешенная в поле тяжести цепь является натурным воплощением модельного физического объекта — тонкой гибкой тяжелой нерастяжимой нити, свободно подвешенной в однородном поле тяжести. В свою очередь, математической моделью (уравнением) линии, по которой провисает такая нить, является функция гиперболического косинуса или, иначе, цепной линии (или катенарии).

Интерес к физическим свойствам цепной линии имеет не только теоретический (математический), но и вполне практический (инженерный) аспект [9; 10]. Физические свойства цепной линии важны, например, при разработке подвесных (канатных) мостов, проектировании линий электропередачи, оценке удерживающих свойств якорных цепей, и др. По-видимому, первым математические свойства цепной линии изучал в Англии Роберт Гук в 1670-х гг., а ее точное уравнение было получено независимо друг от друга Г.В. Лейбницем, Х. Гюйгенсом и И. Бернулли в 1691 г. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цепная_линия]. Перевернутая цепная линия — идеальная, с точки зрения прочности, форма для арок. Материал однородной арки в форме перевернутой цепной линии испытывает только механические напряжения сжатия и не испытывает напряжений излома. Иными словами, арка в форме перевернутой цепной линии является конструктивно самой прочной конструкцией из всех возможных. Одна из самых известных арок — Gateway Arch — построена

в 1965 г. по проекту финско-американского архитектора Э. Сааринена в Сент-Луисе (США) и имеет уравнение (в футах):

$$y = -127,7' \cdot \operatorname{ch}(x / 127,7') + 757,7'. \quad (1)$$

Функция гиперболического косинуса в выражении (1) по определению есть полусумма экспонент с положительным и отрицательным показателями:

$$\operatorname{ch} z = \frac{e^z + e^{-z}}{2}. \quad (2)$$

Возможно, именно натурная демонстрация свободно висящей цепи будет лучшим и наиболее наглядным началом разговора с обучающимися о значительной роли показательной функции в природе и обществе [6].

Вывод уравнения цепной линии из общих соображений, а потому довольно объемный и трудный в понимании для неподготовленного читателя, дан, например, в книге [10]. Между тем, этот вывод может быть сделан вполне простыми средствами [1]. Во всяком случае, стандартного семестрового курса «Дифференциальных уравнений», читаемого в педагогическом ВУЗе, и начальных представлений об условиях статического равновесия тел, для этого вполне достаточно. Следует указать также, что обязательность введения понятия о дифференциальном уравнении как математической модели некоторого реального объекта, явления, процесса закреплена в федеральной рабочей программе по математике (ФРП СОО Математика¹): «К концу обучения в 11 классе обучающийся получит следующие предметные результаты по отдельным темам федеральной рабочей программы учебного курса «Алгебра и начала анализа»: ...иметь представление о математическом моделировании на примере составления дифференциальных уравнений;

¹ Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Математика (углубленный уровень) (для 10–11 классов образовательных организаций). — М.: ИСРО РАО, 2023. — 81 с.

решать прикладные задачи, в том числе социально-экономического и физического характера, средствами математического анализа». ПРП СОО Физика² в предметное содержание включает (Раздел 2.3. Статика твердого тела): «Сложение сил, приложенных к твердому телу. Центр тяжести тела. Условия равновесия твердого тела».

Для связности изложения настоящей статьи частично повторим ход рассуждений работы [1].

Постановка задачи. Пусть в однородном поле тяжести с ускорением свободного падения g подвешена тяжелая однородная гибкая нерастяжимая нить (рис. 1) с погонной плотностью материала ρ . Задача заключается в установлении формы этой нити в виде уравнения (функции) $y(x)$.

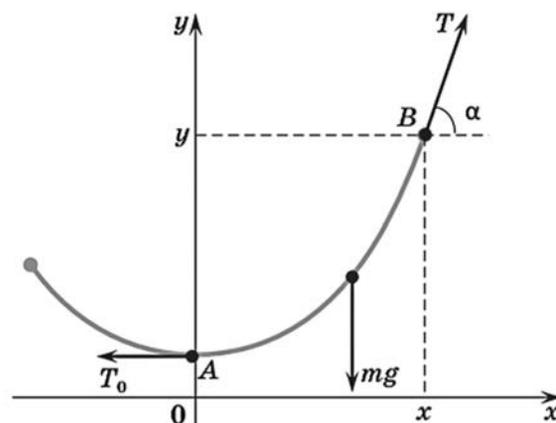


Рис. 1. Математическая модель свободно висящей цепи

Введем систему координат Oxy ; вертикальную ось Oy проведем через вершину («дно») цепной линии (точка A), горизонтальную ось Ox — перпендикулярно оси Oy . Рассмотрим находящийся в статическом равновесии участок AB нити в первой координатной четверти, где некоторая точка $B = B(x, y)$ принадлежит нити.

² Примерная рабочая программа среднего общего образования. Физика (углубленный уровень) (для 10–11 классов образовательных организаций). — М.: ИСРО РАО, 2022. — 74 с.

На выделенный участок нити AB действуют 3 силы: 1) приложенная в точке B и направленная по касательной к нити под углом α к горизонту сила натяжения T ; 2) приложенная в точке A и направленная горизонтально влево сила натяжения T_0 , 3) приложенная к центру тяжести сила mg . Так как участок цепи находится в статическом равновесии, то векторная сумма действующих на него сил равна 0:

$$T + T_0 + mg = 0. \quad (3)$$

Проекция векторного равенства (3) соответственно на координатные оси Ox и Oy дает пару скалярных равенств

$$\begin{cases} T \cos \alpha = T_0; \\ T \sin \alpha = mg. \end{cases} \quad (4)$$

Разделив второе уравнение в (4) на первое, получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{mg}{T_0}. \quad (5)$$

Заметим, что $\operatorname{tg} \alpha = y'$ (геометрический смысл производной), а масса выделенного участка нити прямо пропорциональна его длине, математически выражаемой криволинейным интегралом:

$$m = m(AB) = \rho \cdot l(AB) = \rho \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx. \quad (6)$$

Объединив выражения (5) и (6), получим интегро-дифференциальное уравнение:

$$y' = \frac{\rho g}{T_0} \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx. \quad (7)$$

После дифференцирования обеих частей выражения (7) по x получим обыкновенное неполное дифференциальное уравнение второго порядка (ДУ-II):

$$y'' = \frac{1}{a} \sqrt{1 + y'^2}, \quad (8)$$

где единственный параметр задачи

$$a = \frac{T_0}{\rho g} = \frac{T_0 l}{mg} \quad (9)$$

имеет размерность $[a] = \text{м}$. Вкупе с начальными условиями

$$y(x=0) = y(0); y'(x=0) = 0. \quad (10)$$

ДУ-II (8) представляет собой математическую модель свободно подвешенной в поле тяжести гибкой нерастяжимой нити. Отсылая для краткости читателя к статье [1] за несложными техническими деталями интегрирования ДУ-II, сообщим окончательный результат:

$$y(x) = y(0) + a \left(\operatorname{ch} \frac{x}{a} - 1 \right). \quad (11)$$

Подстановкой легко удостовериться, что решение (11) удовлетворяет как самому ДУ-II (8), так и начальным условиям (10).

Задача о форме свободно подвешенной в однородном поле тяжести весомой однородной гибкой нерастяжимой нити решена. Функция гиперболического косинуса в выражении (10) является математической моделью свободно подвешенной в поле тяжести реальной цепи. Если система координат Oxy выбрана так, что $y(0) = a$, уравнение цепной линии приобретает наиболее простой (канонический) вид:

$$y(x, a) = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}. \quad (12)$$

Добавим к сказанному, что решение (11) допускает практически важное обобщение. По своему определению, параметр a предполагался положительным, $a > 0$, однако задача о форме цепной линии может быть обобщена и на случай $a < 0$. В этом случае ветви цепной линии обращены вниз, и получаем арку в форме цепной линии.

Измерение параметра a цепной линии

С точки зрения математической модели цепной линии выражение (11) дает исчерпывающее решение проблемы. Величина a может рассматриваться как параметр модели и отражает конкретный способ подвешивания цепи. Между тем параметр a вполне может быть определен экспериментально путем измерения определяющих его физических величин с помощью обычных физи-

ческих приборов — весов, рулетки, динамометра. Массу m куска цепи можно определить с помощью обыкновенных цифровых весов. Длину l цепи можно определить с помощью рулетки, подвесив цепь на гвоздь в вертикальной стене за первое звено и отметив положение последнего нижнего звена.

Немного больших усилий потребует определение силы натяжения T_0 . Пусть цепь из $2n$ звеньев подвешена за концы на двух расположенных на одной горизонтали «гвоздях» у вертикальной доски (рис. 2). Аккуратно отметим мелом форму цепи на доске. Подвесим «половину» цепи в n звеньев (далее — полуцепь) и, захватив за нижнее звено крючком динамометра, заставим полуцепь принять форму цепи, отмеченную контуром на доске (рис. 3). Тогда динамометр покажет искомую силу натяжения T_0 в вершине цепной линии. Параметр a может быть вычислен по формуле (9).

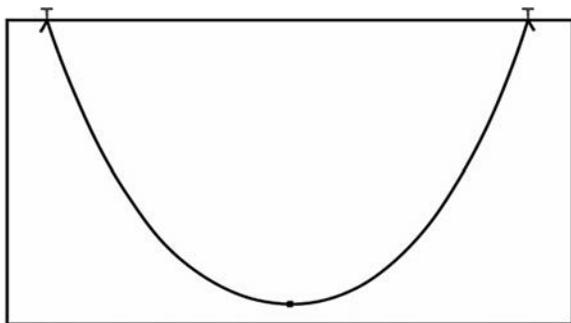


Рис. 2. Подвешивание цепи на доске

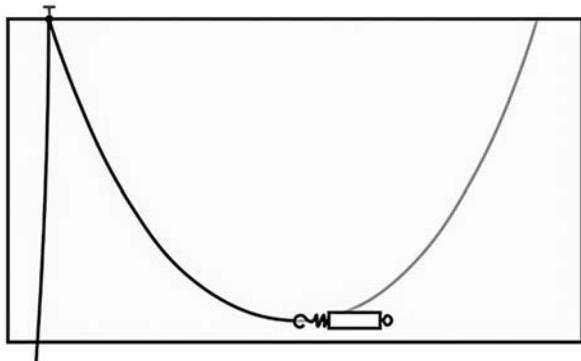


Рис. 3. Наложение полуцепи с динамометром на свободном конце на зарисованный контур

Оценка погрешности. Относительная погрешность a может быть определена путем логарифмического дифференцирования выражения (9); погрешностью в величине ускорения свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ пренебрежем:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta T_0}{T_0} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta l}{l},$$

где ΔT_0 , Δm , Δl — приборные погрешности в определении величин T_0 , m , l , соответственно. Абсолютная погрешность a :

$$\Delta a = a \cdot \left(\frac{\Delta T_0}{T_0} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta l}{l} \right). \quad (13)$$

Выполним необходимую в дальнейшем оценку погрешности по ординате $y(x, a) = a \cdot \text{ch}(x/a)$, связанную с погрешностью при определении параметра a :

$$\frac{\partial y}{\partial a} = \text{ch} \frac{x}{a} - \frac{x}{a} \cdot \text{sh} \frac{x}{a},$$

где для гиперболического синуса введено обозначение $\text{sh } z = \frac{1}{2}(e^z - e^{-z})$. Для абсолютной погрешности по ординате примем:

$$\Delta y(x, a) = \Delta a \cdot \left(\text{ch} \frac{x}{a} + \frac{x}{a} \cdot \text{sh} \frac{x}{a} \right). \quad (14)$$

Определение числа e

Параметр a является единственным параметром, определяющим форму свободно подвешенной цепи. Как показано, например, в работе [1], обрабатывая цифровое изображение цепи в каком-либо графическом редакторе, можно определить, по сути — измерить, одну из фундаментальных мировых постоянных, число e . Действительно, при $x = a$ (см. выражение (12)):

$$y(a) = a \cdot \text{ch}(1) = \frac{a}{2} \left(e + \frac{1}{e} \right), \quad (15)$$

что приводит к квадратному уравнению с двумя положительными корнями относительно числа e , понимаемого теперь как искомый параметр задачи:

$$e^2 + 2 \frac{y(a)}{a} e + 1 = 0, \quad (16)$$

откуда

$$e_{1,2} = \frac{y(a)}{a} \pm \sqrt{\left(\frac{y(a)}{a}\right)^2 - 1}. \quad (17)$$

Параметры a и $y(a)$ определяются с помощью штатных инструментов графического редактора. Большой корень в выражении (17) соответствует «экспериментальному» числу e , меньший — e^{-1} .

Хотя погрешность экспериментальной величины числа e может быть оценена на основе определяющего выражения (17), скорее всего, наиболее адекватной и понятной для обучающихся будет оценка погрешности $e_{\text{экс}}$ по отношению к математическому значению этой константы: $e = 2,718281828\dots$:

$$\Delta e = |e_{\text{экс}} - e|. \quad (18)$$

Дальнейшее изложение материала статьи выполним в форме прокомментированного отчета по ЛР обучающегося. Удобная форма такого отчета приведена в работах [2; 3].

Тема. Измерение параметра a цепной линии и определение числа e в опыте со свободно подвешенной цепью.

Цель: установить степень соответствия математической модели цепной линии форме натурального физического объекта — свободно подвешенной цепи.

Задачи:

1) изучить теорию цепной линии как математической модели свободно подвешенной цепи;

2) разработать алгоритм определения параметра a по результатам измерения определяющих его физических величин;

3) определить число e по результатам оцифровки изображения свободно висающей цепи;

4) оценить соответствие расчетов по математической модели наблюдаемой формы свободно подвешенной цепи.

Оборудование и материалы: кусок бытовой цепи (2,0 м, 116 звеньев, 0,28 кг); весы (весы лабораторные электронные МН-200, предел измерений — 200 г, цена деления шкалы — 0,01 г); рулетка бытовая (предел измерений — 3 м, цена деления шкалы — 1 мм); динамометр пружинный (предел измерений — 1 Н, цена деления шкалы — 0,01 Н); меловая доска; мел; 2 канцелярских зажима. Используемое программное обеспечение: электронный табличный процессор MS Excel, графический онлайн-калькулятор GeoGebra (построение графиков функций); фоторедактор Adobe Photoshop 2023 (обработка графических данных, наложение фото реальной цепи на расчетный график цепной линии).

1. Теория (изложена выше).

2. Ход работы.

Измерены масса и длина цепи, соответственно: $m = 280 \pm 1$ г, $l = 200,0 \pm 0,5$ см. Кроме того, измерены размеры доски (по внешнему контуру, в см): ширина по верхнему краю — 150,6, по нижнему — 150,5. Высота доски по левому краю — 101, по правому — 100,7.

Рисунок 2 схематично отображает подвешенную цепь в ходе проведения опыта. С помощью мела на доске был аккуратно зарисован контур цепи.

Далее цепь была переподвешена за отсчитанное среднее звено, а свободный конец «полуцепи» был захвачен горизонтально ориентированным динамометром. Изменяя положение динамометра, полуцепь была натянута так, чтобы точно повторить намеченный на доске контур полной цепи (рис. 3).

Эту работу удобно выполнять в паре. После совмещения отмеченного на доске контура цепи и полуцепи зафиксировано показание динамометра: $T_0 = 0,54$ Н.

Определим параметр a по формуле (9):

$$a = \frac{T_0 l}{mg} = \frac{0,54 \cdot 2,00}{0,28 \cdot 9,81} \approx 0,393 \text{ м}$$

и погрешность Δa по формуле (13):

$$\Delta a = a \cdot \left(\frac{\Delta T_0}{T_0} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta l}{l} \right) = 0,393 \cdot \left(\frac{0,05}{0,54} + \frac{0,001}{0,280} + \frac{0,005}{2,00} \right) \approx 0,010 \text{ м.}$$

Относительная погрешность при определении параметра a составляет 2,5%.

Для определения числа e путем оцифровки изображения висящей цепи потребовалось воспользоваться инструментами программы Adobe Photoshop 2023. Опуская для краткости технические детали (заинтересованные читатели могут запросить их у авторов), отметим, что фотофиксация висящей цепи с помощью обычного смартфона неизбежно сопровождается оптическими искажениями (искривлениями) изображения, когда вертикальные и горизонтальные линии в реальности перестают быть таковыми на изображении. Adobe Photoshop 2023 позволяет до некоторой степени скорректировать эти дефекты, однако требует достаточно уверенного владения встроенными инструментами этого пакета.

Измеренные физические размеры доски (горизонтальность ее верхнего и нижнего контуров и вертикальность левого и правого контуров были проверены с помощью строительного уровня) в соотношении с полученным выровненным фотоизображением позволили определить средние (в пределах поля доски) коэффициенты перевода метрических единиц (см) в экранные пиксели (пк) (табл. 1). Средние коэффициенты перевода (в $\text{пк}/\text{см}$) вычислены следующим образом:

«по горизонтали»

$$k_{\text{гор}} = \frac{1482 + 1451}{150,6 + 150,5} = 9,741,$$

«по вертикали»

$$k_{\text{верт}} = \frac{983 + 975}{101,0 + 100,7} = 9,707.$$

Для экранных измерений (в пк) использовался инструмент «Линейка». При пересчете абсцисс применялся коэффициент $k_{\text{гор}}$; ординат — $k_{\text{верт}}$. Коэффициенты перевода близки друг к другу, так что с небольшой погрешностью можно пользоваться усредненной величиной

$$k = \frac{1}{2}(k_{\text{гор}} + k_{\text{верт}}) = 9,724.$$

Полусумма абсцисс точек свободного подвеса цепи позволила определить экранную абсциссу вертикальной оси Oy . Горизонтальная ось Ox была проведена перпендикулярно оси Oy на расстоянии

$$a = 39,3 \cdot 9,741 = 382,3 \approx 382 \text{ пк}$$

вниз от вершины цепной линии (ориентируясь на среднюю линию изображения цепи). Пересечение координатных осей определило начало координат — точку O . От точки O вправо и влево отложены равные расстояния a , а вертикальные линии, проведенные до пересечения с изображением цепи из точек $A_1(a, 0)$ и $A_2(-a, 0)$, позволили определить точки на изображении цепи с координатами $B_1(a, y(a))$ и $B_2(-a, y(-a))$ (рис. 4).

С помощью инструмента «Линейка» были получены значения (в пк):

$$y(a) = |A_1B_1| = 574, y(-a) = |A_2B_2| = 568.$$

Таблица 1

Соотнесение метрических и экранных размеров доски

Параметры	Результаты измерений				Средние коэффициенты перевода из см в пк	
	левый	правый	верхний	нижний	по вертикали	по горизонтали
Сантиметры	101,0	100,7	150,6	150,5	9,707	9,741
Пиксели	983	975	1482	1451		

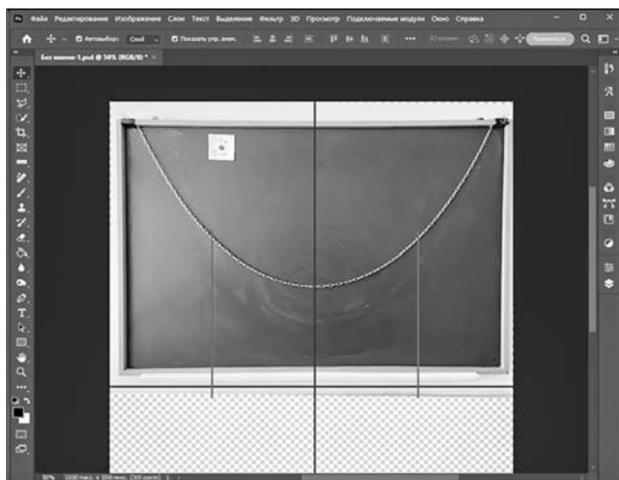


Рис. 4. Обработанное изображение цепи

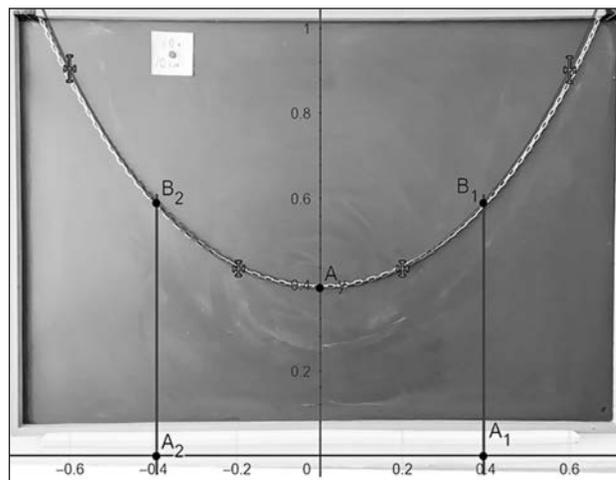


Рис. 5. Построение графика цепной линии с точками для наложения

Тогда, используя выражение (17), найдем значения $e_{\text{эксн}}$ для отсчетов вправо и влево:

$$e_{\text{п}} = \frac{574}{382} + \sqrt{\left(\frac{574}{382}\right)^2} - 1 = 2,624,$$

$$e_{\text{п}} = \frac{568}{382} + \sqrt{\left(\frac{568}{382}\right)^2} - 1 = 2,587.$$

Усредненное по двум определениям экс-

периментальное значение числа e равно $e_{\text{эксн}} \approx 2,606$, что на величину $\Delta e \approx 0,112$ меньше математического значения числа e . Относительная погрешность полученной оценки составляет примерно 4,1%.

3. Результаты и обсуждение. Для более наглядного подтверждения правильности проведенных расчетов было произведено наложение графика цепной линии с полученным ранее коэффициентом $\alpha = 0,393$ м. Для создания графика был ис-

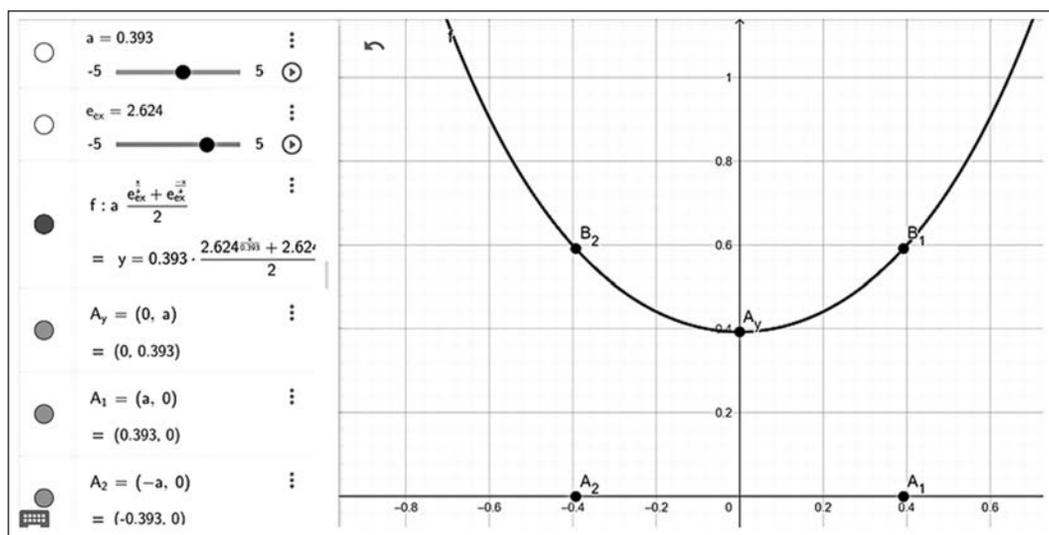


Рис. 6. Результат наложения графика цепной линии на фото цепи

пользован онлайн-ресурс GeoGebra. В поле формул на данном портале было введено уравнение (12), значение параметра a , за e было принято найденное ранее значение $e_{\text{эксп}} = 2,624$, а также для гарантии точности наложения расчетной линии на фотоизображение цепи были выделены пять точек: $A_0(0; a)$, $A_{1,2}(\pm a; 0)$, $B_{1,2}(\pm a; y(\pm a))$ (рис. 5). При наложении масштаб диаграммы рисунка 5 менялся так, чтобы обеспечить наилучшее наложение всех пяти точек.

Затем снимок рабочей области с графиком был сохранен и вставлен в файл Adobe Photoshop 2023. С применением пропорционального, т.е. одинакового по обеим координатным осям, изменения размера снимка было произведено наложение так, чтобы оси снимка совпали с ранее проведенными линиями, и чтобы совпали выделенные точки (рис. 6). Также на изображение были выборочно нанесены планки погрешности. Принято, что погрешность во всех абсциссах точек цепной линии равна погрешности a и составляет (см. (13)) $\Delta x = \Delta a \approx 1 \text{ см} \approx 10 \text{ пк}$. Погрешности в ординатах точек цепной линии были вычислены по формуле (14) и составили: $\Delta y(x = \pm 0,2) \approx 1,4 \text{ см} \approx 14 \text{ пк}$ и $\Delta y(x = \pm 0,6) \approx 5,8 \text{ см} \approx 58 \text{ пк}$. Как видно на рисунке 6, график цепной линии с установленными параметрами a и $e_{\text{эксп}}$ в пределах погрешностей хорошо согласуется с изображением свободно висящей цепи. Это позволяет сделать вывод о том, что измерения и обработка данных на всех этапах были проведены корректно, а математическая модель вполне адекватна реальному физическому объекту — подвешенной цепи.

4. Выводы

Задачи ЛР решены, цель достигнута. А именно:

- 1) изучена теория цепной линии как математической модели свободно подвешенной цепи;
- 2) определено значение параметра модели $a = 0,393 \pm 0,010 \text{ м}$;
- 3) по результатам оцифровки изо-

бражения цепи определено число $e_{\text{эксп}} = 2,606 \pm 0,112$;

4) установлена высокая степень соответствия расчетов по математической модели наблюдаемой форме свободно подвешенной цепи.

Комментарии

1. Описанная лабораторная работа транспредметна, так как естественным образом в их неразрывном единстве реализует межпредметные связи математики (построение модели и вычисления), физики (эксперимент), информатики (цифровая обработка данных). ЛР современна, но не требует специального (редкого) оборудования, и может быть реализована, по сути, в любой образовательной организации.

2. В качестве пилотной апробации разработанной лабораторной работы на ее основе было проведено профориентационное занятие в МАОУ СОШ № 97 им. А.В. Гуменюка, г. Екатеринбург. В его рамках ученикам 10-го класса (портрет среднестатистического обучающегося: 17 лет, средние баллы за второе полугодие по математике и физике равняются 4,11 и 4,21 соответственно) было предложено в единой группе проделать описанную выше лабораторную работу. Участникам было предоставлено описанное ранее оборудование, с его применением были проделаны все этапы работы — от подвеса цепи до наложения графика цепной линии на фотографию цепи.

Усредненным результатом ЛР стало экспериментальное определение $e_{\text{эксп}} = 2,843$ с превышением математического значения на 4,6%, что вполне допустимо в рамках школьных измерений. При проведении работы и обработке результатов были выявлены следующие учебные недостатки у обучающихся:

- слабое понимание смысла числа e ;
- неумение оценить погрешность измерений;
- ошибки при расчетах;
- недостаточные навыки цифровой обработки изображений.

Во время выполнения ЛР авторы фиксировали наиболее сложные для понимания обучающихся аспекты; на них в последующем будет обращено особое внимание. По завершении профориентационного занятия в форме ЛР обучающиеся остались удовлетворены проделанной работой и выразили желание стать участниками других работ, описанных в [1–3].

3. В рамках начатого педагогического эксперимента, подобного описанному авторами в статье [4], планируется провести полномасштабную апробацию разработанной лабораторной работы в новом учебном году среди учеников старших классов как общеобразовательной школы, так и среди учащихся классов с углубленным изучением физико-математических дисциплин. Цель эксперимента — обосновать необходимость полноценного внедрения в школьную программу систематического курса транспредметных лабораторных работ, связывающих воедино математику, физику, информатику.

4. Перед проведением со школьниками описанной в статье лабораторной работы был проведен опыт с другой, более легкой, цепью с характеристиками: длина — 2,25 м; масса — 0,1449 кг. Установлено (по техническим соображениям), что опыты с более массивной цепью предпочтительнее; вес такой массивной цепи определен с помощью динамометра.

5. Систематическая дидактическая работа по совершенствованию существующих транспредметных лабораторных работ [13] и созданию новых ЛР будет продолжена в процессе подготовки в педагогическом университете учителей математики, информатики, физики и других естественных наук.

Литература

1. Бодряков В.Ю. Усвоение фундаментальных математических понятий в процессе выполнения лабораторных работ по математике // Математика в школе. 2023. № 7. С. 20–28.
2. Бодряков В.Ю., Быков А.А. Цифровые лабораторные работы по математике как современ-

ный инструмент формирования обучающегося-исследователя // Педагогическое образование в России. 2022. № 3. С. 148–159.

3. Бодряков В.Ю. Формирование межпредметной функциональной грамотности обучающихся в период летнего отдыха // Математика в школе. 2024. № 2. С. 54–62.

4. Бредгауэр В.А., Красноперов В.А. Формирование исследовательских умений обучающихся при выполнении межпредметной лабораторной работы в старших классах общеобразовательной школы // Математика, информатика, физика: проблемы и перспективы: сборник научных статей международной научно-практической конференции, Оренбург, 25–26 апреля 2024 года. — Оренбург: Оренбургский государственный педагогический университет, 2024. — С. 110–115.

5. Мартельянова Т.Ю. Экспериментальный подход к изучению числа Пифагора в контексте научно-практического образования школьников // Физика в школе. 2020. № 3. С. 62–64.

6. Анурин А.С. Экспоненциальные законы устройства мира // Физика в школе. 2020. № 5. С. 30–33.

7. Щербаков Р.Н. Математика на уроках физики // Физика в школе. 2021. № 2. С. 12–18.

8. Тихонов П.С. Особенности построения графиков при выполнении школьниками олимпиадных экспериментальных задач // Физика в школе. 2023. № 1. С. 20–29.

9. Очков В.Ф., Чудова Ю.В. Проектируем канатную дорогу // Физика в школе. 2023. № 5. С. 40–46.

10. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. — М.: Наука, 1980. — 240 с.

11. Очков В.Ф., Чудова Ю.В., Цуриков Г.Н. Осторожно: цепная функция // Информатика в школе. 2017. № 4(127). С. 58–62.

12. Очков В.Ф., Попова К., Камалов М. Цепная линия // Физика для школьников. 2018. № 3. С. 24–32.

13. Бодряков В.Ю., Быков А.А. Сборник лабораторных работ по математике: учебное пособие для вузов. — СПб.: Издательство ЛАНЬ, 2024. — 68 с.

Дата поступления рукописи (Received): 27.07.2024.
Опубликовано (Published): 19.11.2024.

КОМПЛЕКТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

A SET FOR STUDYING RECTILINEAR MOTION

Научная статья

Scientific article

ББК 74.200.25

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_49

В.С. Пичугин , д.техн.н., профессор, директор, ООО «Химлабо»; himlabo@bk.ru	V.S. Pichugin , DrSci (Technical Sciences), Professor, Director of Himlabo LLC; himlabo@bk.ru
С.В. Степанов , к.п.н., доцент, Московский педагогический государственный университет, Москва; metstep@yandex.ru	S.V. Stepanov , PhD (Pedagogy), Associate Professor, Moscow State Pedagogical University, Moscow; metstep@yandex.ru
Ю.В. Артамонов , начальник отдела, ООО «Химлабо»; himlabo@bk.ru	Yu.V. Artamonov , Head of Department, Himlabo LLC; himlabo@bk.ru
П.С. Бугаков , начальник отдела, ООО «Химлабо»; psbug@yandex.ru	P.S. Bugakov , Head of Department, Himlabo LLC; psbug@yandex.ru
С.В. Муленцов , инженер, ООО «Химлабо»; elektronew1@yandex.ru	S.V. Murentsov , Engineer, Himlabo LLC; elektronew1@yandex.ru
Ключевые слова: учебное оборудование, ученический эксперимент, физический практикум, лабораторная работа, равномерное движение, закон сохранения энергии, трение скольжения, трение качения	Keywords: educational equipment, student experiment, physical workshop, laboratory work, uniform motion, law of conservation of energy, sliding friction, rolling friction
Аннотация. В статье приведено подробное описание комплекта для проведения лабораторных работ и физического практикума по изучению прямолинейного движения с использованием легкоподвижных тележек и рассмотрены основные приемы работы с ним. Для иллюстрации возможностей комплекта приведено описание трех лабораторных работ: изучение равномерного прямолинейного движения, изучение видов трения, изучение закона сохранения энергии	Abstract. The article provides a detailed description of a set for laboratory work and a physical workshop on the study of rectilinear motion using light-moving trolleys and discusses the basic techniques of working with it. To illustrate the capabilities of the kit, three laboratory works are described: the study of uniform rectilinear motion, the study of types of friction, and the study of the law of conservation of energy

© Пичугин В.С., Степанов С.В., Артамонов Ю.В., Бугаков П.С., Муленцов С.В., 2024

В проекте концепции развития физического образования отмечается, что реализация системно-деятельностного подхода при преподавании учебного предмета «Физика» должна базироваться на использовании самостоятельного ученического эксперимента, включающего фронтальные лабораторные работы и работы практикума как постоянно действующего фактора образовательной деятельности. Причем в целях повы-

шения мотивации школьников к изучению естественнонаучных дисциплин отдельные физические явления предлагается изучать уже в начальной школе.

Реализации этих положений требует обновление материально-технических условий организации обучения. Приоритетом должно стать комплектование кабинетов физики лабораторным оборудованием в виде тематических комплектов (по механике,

молекулярной физике, электродинамике и оптике). Такие комплекты должны обеспечивать как простейшие наблюдения тех или иных явлений, так и проведение развернутых исследований старшими школьниками в профильных классах, а также при выполнении учебных проектов. Отсюда следует, что приборы, входящие в состав комплектов, должны быть универсальными по отношению к видам ученического эксперимента, унифицированы по конструктивным показателям, обеспечивать использование как аналоговых, так и цифровых средств измерений, допускать возможность обработки результатов опыта с помощью компьютера.

В качестве примера такого оборудования можно привести описанный ниже комплект для изучения прямолинейного движения.

Комплект для изучения прямолинейного движения (рис. 1) включает две легкоподвижные тележки с набором грузов, прямолинейную составную направляющую, вспомогательные приспособления (электродвигатель, блок, толкатель) и источник электропитания. Кроме того, в состав набора входят измерительные приборы: цифровой автоматический секундомер с оптическими датчиками запуска, динамометр и рулетка.

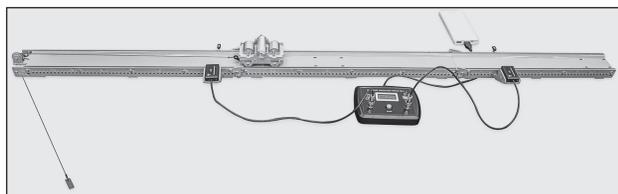


Рис. 1. Общий вид лабораторного комплекта

Легкоподвижная пластиковая тележка (рис. 2а) — основной элемент набора, и ее используют во всех опытах. Она представляет собой платформу, установленную на четыре колеса. На верхней поверхности платформы сделаны три прямоугольных паза для установки грузов по 100 г. В средней части боковых поверхностей плат-

формы прорезаны полукруглые пазы для закрепления грузов по 50 г. В состав набора входят четыре цилиндрических груза по 100 г и 2 груза по 50 г, что обеспечивает изменение массы тележки в диапазоне 50–350 г с шагом в 50 г. Масса тележки в сборе составляет 50 г. Для блокировки вращения осей тележки используют специальный стопор, который устанавливают в пазы нижней рамы тележки (рис. 2б). Общий вид тележки с установленными грузами представлен на рис. 2в.

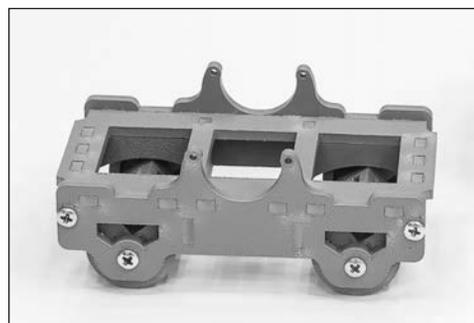


Рис. 2а. Легкоподвижная пластиковая тележка

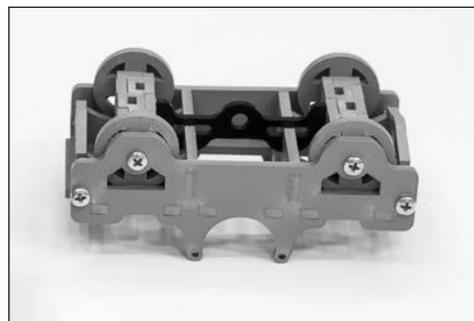


Рис. 2б. Стопор осей тележки

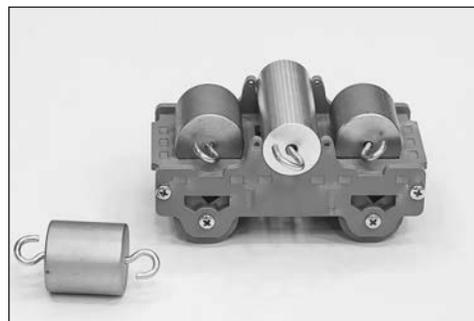


Рис. 2в. Тележка с установленными грузами

Прямолинейная направляющая состоит из трех элементов, каждый из которых представляет пластиковую направляющую рейку с бортиками. В бортике по всей длине сделаны прямоугольные пазы для установки датчиков электронного секундомера. Между бортиком и верхней поверхностью направляющей по всей длине установлен пластиковый профиль с цилиндрической наружной поверхностью, что обеспечивает прямолинейное (без рыскания) движение тележки (рис. 3).

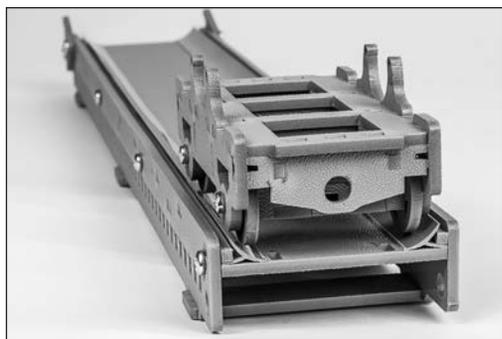


Рис. 3. Направляющая с пластиковым профилем

Длина направляющей № 1 составляет 525 мм. На одном ее торце изготовлена площадка для установки блока или электродвигателя, а на другом на боковых бортиках установлены кронштейны с профильным пазом для соединения с направляющей № 2.

Длина направляющей № 2 равна 500 мм. В ее торцах на боковых бортиках выполнены цилиндрические выступы для соединения с направляющими № 1 и № 3. В средней части направляющей № 2 выполнены четыре прямоугольных паза для установки толкателя. Длина направляющей № 3 составляет 400 мм. На одном ее торце на боковых бортиках установлены кронштейны для соединения с направляющей № 2, на другом выполнены пазы для фиксации толкателя.

При последовательном соединении трех направляющих общая рабочая длина со-

ставляет 1400 мм. За счет шарнирного соединения направляющих возможно изменение угла наклона направляющих № 1 и № 3 относительно установленной горизонтально направляющей № 2 (рис. 4).

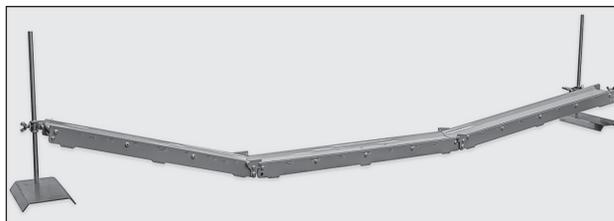


Рис. 4. Формирование экспериментальной установки с двумя наклонными направляющими

Толкатель (рис. 5а) пружинного типа служит для приведения в движение тележек. Толкатель выполнен в виде двух бойков, курка и фиксатора, размещенных в пластиковом корпусе. Предварительно взведенные бойки при нажатии на курок выдвигаются из корпуса. С помощью фиксатора можно заблокировать выдвигание одного бойка.

Электродвигатель (рис. 5б) представляет собой пластиковый корпус с встроенным мотор-редуктором. На наружной поверхности корпуса размещены гнезда для подключения к электропитанию и кнопка включения-выключения. На вал электродвигателя насажен шкив с нитью, один конец которой закреплен на шкиве, а на другом вмонтирован крючок. Электродвигатель имеет частоту вращения 40 ± 4 об/мин и рабочее напряжение в диапазоне 3,5–6 В. В основании корпуса вырезан паз для установки электродвигателя на направляющую № 1.

Неподвижный блок (рис. 5в) состоит из шкива, оси и корпуса, на основании которого имеется паз для фиксации блока на направляющей № 1. Для обеспечения тянущего усилия на блоке используют наборный груз (2 груза по 5 г и 2 груза по 10 г), что обеспечивает рабочую нагрузку в диапазоне 5–30 г.

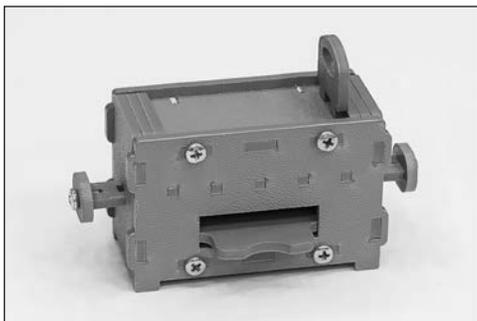


Рис. 5а. Толкатель

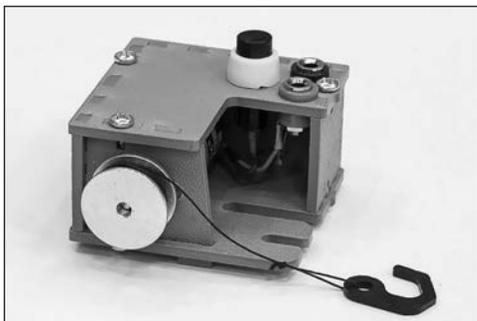


Рис. 5б. Электродвигатель



Рис. 5в. Неподвижный блок

Аккумуляторный источник питания состоит из аккумулятора постоянного напряжения 5В/2А и переходника для подключения к электродвигателю. Для этого на поверхности корпуса переходника установлены две клеммы разного цвета с обозначениями «+» (красного цвета) и «-» (синего цвета) для подключения проводов с наконечниками типа «банан» Ø4 мм.

Для иллюстрации возможностей нового комплекта ниже приводится описание нескольких лабораторных работ с использованием оборудования из его состава.

Работа 1. Изучение равномерного прямолинейного движения

Цель работы: измерить и сравнить значения скорости тележки на разных участках траектории движения.

Оборудование: направляющая, тележка, электродвигатель, нить, рулетка, секундомер с датчиками, источник электропитания.

Пояснения к эксперименту

В ходе опыта проверяют справедливость утверждения о том, что при равномерном движении скорость тела остается постоянной на любом участке траектории его движения. Объектом наблюдения служит тележка, соединенная нитью с валом электродвигателя. Ее скорость V определяют, измерив перемещение S и время t , за которое оно совершено, по формуле: $V = S/t$ (1). Время измеряют секундомером с оптическими датчиками, перемещение — рулеткой.

Общий вид установки показан на рисунке 6.

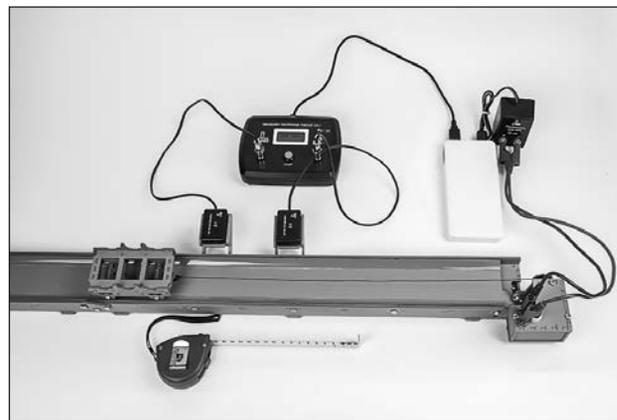


Рис. 6. Общий вид экспериментальной установки

Порядок проведения опыта

1. Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке 2. На одном конце направляющей закрепите электродвигатель, на другом разместите тележку. Тележку соедините нитью с валом двигателя. Двигатель подключите к источнику электропитания.

№ участка	S , см	ΔS , см	t , с	Δt , с	$V_{вр}$, см/с	$V_{нр}$, см/с	V , см/с	ΔV , см/с

2. Выберите на направляющей произвольно участок, где будет определяться скорость тележки. Прикрепите к направляющей в начале выбранного участка датчик секундомера Д1, в конце участка — датчик Д2. Датчики подключите к секундомеру.

3. Измерьте рулеткой расстояние S между датчиками. Значение S занесите в таблицу с учетом погрешности ΔS .

4. Включите двигатель и измерьте время движения тележки t между датчиками. Значение t занесите в таблицу с учетом погрешности Δt .

5. Повторите опыт 3–4 раза, выбирая каждый раз по своему усмотрению различные участки движения.

6. Вычислите по результатам каждого опыта значения верхней и нижней границы скорости тележки по формулам:

$$V_{вр} = (S + \Delta S)/(t - \Delta t)$$

и

$$V_{нр} = (S - \Delta S)/(t + \Delta t).$$

7. Вычислите значение скорости тележки на каждом участке V и его погрешность ΔV по формулам:

$$V = (V_{вр} + V_{нр})/2$$

и

$$\Delta V = (V_{вр} - V_{нр})/2.$$

8. Сравните интервалы возможных значений скорости на каждом участке и сделайте вывод о том, можно ли считать движение тележки по направляющей равномерным.

Работа 2. Изучение видов трения

Цель работы: измерить и сравнить коэффициенты трения скольжения и качения.

Оборудование: направляющая, штатив, тележка, рулетка.

Пояснения к эксперименту

Прямое измерение силы трения качения затруднено из-за недостаточной чув-

ствительности школьных динамометров. Поэтому в ходе опыта измеряют коэффициенты трения качения и скольжения колес тележки при ее движении по наклонной направляющей. Чтобы получить скольжение тележки, ее колеса стопорят специальным приспособлением.

Если тележку поставить на наклонную поверхность, то вдоль поверхности на тележку действуют составляющая силы тяжести и сила трения. При малых углах наклона α тележка покоится. Однако, если угол плавно увеличивать, наступит момент, когда тележка начнет движение вниз. Можно утверждать, что в момент, предшествующий началу движения, выполняется равенство $mg \cdot \sin \alpha = \mu mg \cdot \cos \alpha$. Следовательно, по углу наклона, при котором начинается движение тележки, можно определить коэффициент трения ее колес о направляющую: $\mu = \operatorname{tg} \alpha$. **Тангенс угла можно определить по высоте конца направляющей H и длине ее проекции на поверхность стола L :** $\operatorname{tg} \alpha = H/L$. Следовательно, $\mu = H/L$ (1).

Порядок проведения опыта

1. Измерьте рулеткой длину направляющей S .

2. Закрепите один конец направляющей деталями штатива на небольшой высоте над поверхностью стола, как показано на рисунке 7. Поставьте на направляющую тележку.



Рис. 7. Общий вид экспериментальной установки

3. Увеличивайте медленно и плавно высоту верхнего конца направляющей до тех пор, пока тележка не начнет скатываться.

4. Измерьте рулеткой высоту конца направляющей H в момент начала скатывания тележки.

Результат измерения занесите в таблицу.

Вид трения	S , мм	H , мм	L , мм	μ
качение				
скольжение				

5. Заблокируйте стопором колеса тележки и повторите опыт.

6. Вычислите для каждого опыта проекцию направляющей на поверхность стола L

по формуле: $L = \sqrt{S^2 - H^2}$.

7. Вычислите по формуле (1) значения μ .

8. Сравните значения коэффициентов трения качения и скольжения и сделайте вывод о том, во сколько раз сила трения скольжения больше силы трения качения при движении тележки по направляющей.

Работа 3. Изучение закона сохранения механической энергии

Цель работы: сравнить значения скорости тележки, полученные двумя способами, применив закон сохранения энергии и законы кинематики.

Оборудование: направляющая, штатив, тележка, рулетка, секундомер с датчиками, указатель положения.

Пояснения к эксперименту

Объектом наблюдения служит тележка, которая скатывается по наклонной направляющей. Из закона сохранения энергии следует, что если пренебречь потерями на трение, то можно утверждать, что изменение ее потенциальной энергии равно изменению кинетической:

$$Mgh = M \frac{v_1^2}{2},$$

где M — масса тележки, g — ускорение свободного падения, h — изменение высоты те-

лежки, v_1 — скорость тележки, полученная первым способом.

Тогда

$$v_1 = \sqrt{2gh}. \quad (1)$$

Из законов равноускоренного движения $s = at^2/2$ и $v_2 = at$, где s — перемещение тележки вдоль направляющей, a — ускорение, t — время движения, v_2 — скорость тележки, полученная вторым способом.

Тогда

$$v_2 = 2s/t. \quad (2)$$

Порядок проведения опыта

1. Соберите установку, общий вид которой показан на рисунке 8.

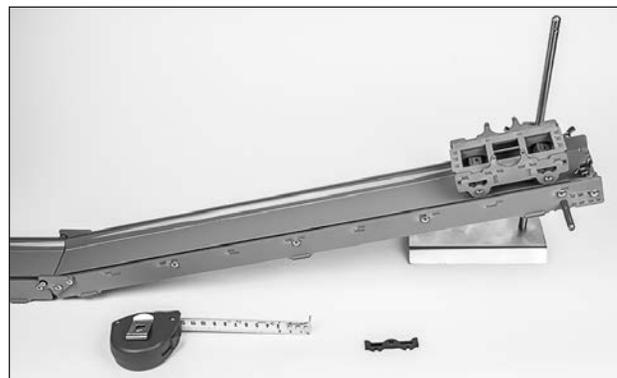


Рис. 8. Общий вид экспериментальной установки

2. Закрепите верхний конец направляющей на высоте около 20 см над столом.

3. Измерьте высоту верхнего датчика — H_1 . Результат запишите в виде $H_1 = H_{1\text{изм}} \pm \Delta H_1$, где $H_{1\text{изм}}$ — значение, полученное при измерении, ΔH_1 — погрешность измерения.

4. Измерьте высоту нижнего датчика — H_2 . Результат запишите в виде $H_2 = H_{2\text{изм}} \pm \Delta H_2$.

5. Измерьте расстояние между датчиками на направляющей — S . Результат запишите в виде $S = S_{\text{изм}} \pm \Delta S$.

6. Установите тележку на верхний конец направляющей так, чтобы датчик запустил отсчет времени, как только тележка придет в движение.

7. Отпустите тележку и измерьте время ее движения от верхнего датчика до нижнего — t . Результат запишите в виде $t = t_{\text{изм}} \pm \Delta t$.

8. Вычислите изменение высоты тележки h : $h = H_1 - H_2$. Результат запишите в виде $h = h_{\text{изм}} \pm \Delta h$.

9. Вычислите по формуле (1) скорость тележки v_1 . Запишите результат в виде $v_1 = v_{1\text{выч}} \pm \Delta v_1$, где $v_{1\text{выч}}$ — значение скорости, вычисленное по формуле, Δv_1 — абсолютная погрешность результата.

10. Вычислите по формуле (2) скорость тележки v_2 .

11. Запишите результат в виде $v_2 = v_{2\text{выч}} \pm \Delta v_2$, где $v_{2\text{выч}}$ — значение скорости, вычисленное по формуле (1), Δv_2 — абсолютная погрешность результата.

12. Сравните интервалы возможных значений v_1 и v_2 и сделайте вывод о выполнении закона сохранения энергии в проведенном опыте.

В заключение отметим, что к описанному комплекту прилагается методическое пособие, где приведены инструкции по вы-

полнению лабораторных работ, работ физического практикума и экспериментальных заданий, рассчитанные на проведение в основной и средней школах. Перечень работ составлен с учетом требований рабочих программ и концепции развития образования в школах РФ, а также по итогам опытной проверки использования комплекта в учебном процессе.

Литература

1. Концепция развития физического образования в Российской Федерации.

2. Физика: 7-й класс: базовый уровень: учебник / И.М. Перышкин, А.И. Иванов. — М.: Просвещение, 2023.

3. Физика: Механика. 10 класс: учебник: углубленный уровень / Г.Я. Мякишев, А.З. Сиянников. — М.: Просвещение, 2022.

4. Степанов С.В. Физика. Углубленный уровень. 10 класс. Лабораторный практикум: учебное пособие. — М.: Дрофа, 2020.

Дата поступления рукописи (Received): 18.07.2024.

Опубликовано (Published): 19.11.2024.

Информация

Новый прорыв в загадке трех тел в астрофизике

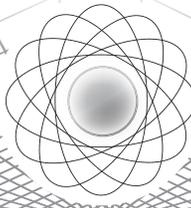
Явление, известное как проблема трех тел, в течение нескольких лет интриговало ученых из-за сложности порождаемых им движений. Новое исследование показывает, что этот кажущийся хаос на самом деле может скрывать удивительные закономерности, предлагая новый взгляд на взаимодействие этих систем.

Что такое проблема трех тел? Со времен Исаака Ньютона мы знаем, что гравитация может быть использована для точного предсказания движения двух объектов в пространстве, например, Земли, вращающейся вокруг Солнца. В этом случае расчеты просты: гравитационная сила между двумя объектами предсказуема и подчиняется устойчивым законам. Однако добавление в уравнение третьего объекта радикально усложняет ситуацию. Динамика между тремя массивными объектами становится хаотичной и практически не поддается прогнозированию.

Исследования Алессандро Альберто Трани, исследователя из Института Нильса Бора при Копенгагенском университете, может перевернуть все привычные представления.

В рамках своего исследования ученый провел серию симуляций, чтобы изучить гравитационное взаимодействие между тремя массивными объектами, такими как звезды и черные дыры. Для этого он разработал программное обеспечение и определил исходные параметры для моделирования. Они включали в себя положение двух объектов на их орбите и угол приближения третьего объекта. Исследователь провел миллионы симуляций, варьируя параметры. Такой подход позволил ему создать исчерпывающую карту возможных исходов этих столкновений, учитывающую множество способов, с которыми объекты могут взаимодействовать. По результатам моделирования ученый выявил островки закономерности в обычном хаосе задачи трех тел. Вопреки тому, что можно было бы ожидать от хаотической системы, он обнаружил, что существуют периоды, когда объекты следуют предсказуемым закономерностям.

Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/novyj-proryv-v-zagadke-treh-tel-v-astrofizike/>



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ «PHET» ПРИ ОБЪЯСНЕНИИ ЗАКОНОВ КЕПЛера

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF PHET VIRTUAL MEDIUM IN EXPLAINING KEPLER'S LAWS

Научная статья
УДК 372.853

ББК 74.262.26
DOI 10.47639/0130-5522_2024_8_56

Т.З. Насиров , к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой точных и естественных наук, Университет геологических наук, г. Ташкент, Узбекистан; tulkunnasirov@yandex.ru	T.Z. Nasirov , PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Department of Exact and Natural Sciences, University of geological sciences, Tashkent, Uzbekistan; tulkunnasirov@yandex.ru
Х. Худоева , учитель физики, школа № 201, г. Ташкент, Узбекистан	H. Xudoyeva , physics teacher, school No. 201, Tashkent, Uzbekistan
Ключевые слова: виртуальная среда «PHET», законы Кеплера, освоенность урока	Keywords: virtual PHET medium, Kepler's laws, mastery of lesson
Аннотация. Представлен анализ экспериментов, сделанных по выявлению преимуществ использования интегрированной среды «PHET» при проведении занятия по теме «Законы Кеплера» по астрономии. Показано, что использование данной среды повышает усвоение материала учениками по сравнению с традиционным ведением занятия с применением обычной доски. Выявлено, что при проведении урока у преподавателя появляется возможность принять не активную, а пассивную роль, предоставив самим ученикам проводить эксперименты в ускоренном и уменьшенном (в миллионы раз) форматах движения небесных тел Солнечной системы. При этом количество отличников и хорошистов увеличилось на 21% и 19% соответственно, в то время как число троечников и двоечников уменьшились на 17% и 16% соответственно	Abstract. The analysis of experiments carried out on revealing advantages of using integrated PHET medium in the lessons on astronomy with title «Kepler's laws» has been presented. It has been shown that using this medium allows us increase mastery by pupils in comparison of the traditional lesson when theme with usual blackboard is explained. It has been revealed that when teacher in lesson can take a passive role leaving it to the pupils themselves to carry out experiments in the accelerated and decreased (the several million times) regimes of motion of celestial bodies of Solar system. As results of experiments showed that the numbers of excellent and good pupils to 21% and 19% have been increased, correspondingly, at the same time poorly mastered and not mastered pupils, conversely, have been decreased, accordingly

© Насиров Т.З., Худоева Х., 2024

Введение

Информационные технологии постепенно становятся неотъемлемой частью при проведении уроков физики и астрономии.

Особую роль здесь играет использование виртуальных лабораторных работ. В связи с этим в последнее время в научной литературе часто появляются исследования, в ко-

торых изучаются аспекты их применения. Проведем обзор некоторых последних исследований, посвященных использованию информационных технологий в проведении занятий по физике и астрономии.

Например, в [1] были проанализированы имеющиеся лабораторные работы, обсуждены вопросы создания компьютерных моделей физических процессов, разработки комфортного интерфейса пользователя, методики выполнения лабораторных работ с использованием интерактивного комплекса. Была обоснована необходимость проведения виртуальных лабораторных работ в изучении курса физики, освоении учебно-методических материалов, а также в выявлении результативности всего обучения.

В работе [2] была рассмотрена возможность повышения эффективности образовательного процесса за счет внедрения информационных технологий. Обсуждены методические аспекты создания и использования виртуальных лабораторных работ, предназначенных для организации самостоятельного изучения студентами различных разделов физики. Был представлен анализ опытов их использования в ВУЗе, в которых были четко показаны экранные формы некоторых вышеупомянутых работ для проведения онлайн-экспериментов, позволяющие студентам подготовиться к их выполнению.

В работе [3] были изучены возможности применения виртуальных лабораторных работ по физике как одной из составляющих элементов самостоятельной подготовки студентов к выполнению реальных лабораторных работ. Была разработана методика их выполнения, описаны подготовка и проведение экспериментального обучения, а также приведен анализ его количественных и качественных результатов. Было показано, что использование виртуальных лабораторных работ по физике позволяет студентам показать эффективность выполнения работ, быстроту и высокую точность

получаемых результатов, что подтверждает эффективность предлагаемой методики. Таким образом, обучающиеся самостоятельно могут формировать практические умения и навыки в удобное для них время, не ограничивая себя временем и территориальной удаленностью от образовательной организации. Было отмечено, что обучение на основе виртуальных лабораторных работ создает условия для эффективного проявления фундаментальных закономерностей мышления, способствует развитию и активизации творческих способностей студентов и оптимизирует познавательный процесс обучения студентов.

В [4] была рассмотрена необходимость проведения виртуальных лабораторных работ на уроках астрономии с целью наблюдения за небесными объектами и формирования познавательного интереса к предмету. Был предложен пример такой работы с использованием программы Stellarium.

Данный вопрос связан еще и с тем, что в последнее время с применением новых информационных технологий уточняются расчеты, которые проводились в свое время Кеплером. В работе [5] были рассмотрены нестыковки во вращении орбиты Меркурия и предлагаются методы их устранения. В [6] был обсужден вопрос расширения первого закона Кеплера в новой формулировке: *«Каждая планета Солнечной системы обращается по **неправильному** эллипсу, в **меньшем** из фокусов которого находится Солнце»*. В такой формулировке Солнце будет обладать приоритетом и наши представления об окружающем мире расширяются. В другой работе этого же автора [7] производилось расширение законов сохранения количества движения для вывода закона всемирного тяготения (гравитации) и законов Кеплера.

В работе [8] волновая функция электрона в водородоподобном атоме по аналогии с задачей Кеплера была выбрана удовлетворяющей уравнению Уиттекера при любой кинематике и любом спине. При этом, будучи

чисто квантомеханическим объектом, электрон рассматривается с точки зрения классической механики, что намного упрощает представление об атомарном масштабе.

В [9] был представлен алгоритм численного решения уравнения Кеплера с машинной точностью. Была доказана сходимость итерационной последовательности метода Ньютона при указанном начальном приближении. Сформулирована задача нахождения численного решения уравнения Кеплера как числа с плавающей запятой. Учтены аспекты, связанные с вычислениями вблизи машинного нуля. Проанализирована точность возможного результата. Выявлена задача, возникающая при стремлении к максимально возможной точности, и предложено ее решение. Дана оценка машинного времени, необходимого для решения уравнения Кеплера данным методом.

В [10] была рассмотрена обобщенная задача МИК-Кеплера в сферических координатах. Приведен явный вид добавочного интеграла движения обобщенной задачи МИК-Кеплера в сфероидальных координатах, собственной функцией которого является сфероидальный базис, и выведены трехчленные рекуррентные соотношения, которым подчиняются коэффициенты разложений сфероидального базиса по сферическому и параболическому базисам.

Во всех этих работах хотя и были рассмотрены аспекты эффективного использования каких-либо виртуальных лабораторных работ, но в них не четко сформулированы вопросы освоения учениками моментов поэтапного выполнения работ, а также наблюдения процессов, описываемых законами Кеплера, в хронологическом порядке.

Материалы и методы

В данной работе рассматривается анализ проведенных экспериментов на уроках астрономии, в которых объяснялись законы Кеплера с применением виртуальной интегрированной среды «РНЕТ». При этом

в целях четкого выявления преимуществ применения виртуальной среды занятия проводились в двух классах (11А и 11Б) по одной и той же теме: «Законы Кеплера». В классе 11А преподавателем была использована среда «РНЕТ», и на этом занятии учитель выбрал пассивную роль, предоставив ученикам самим проводить эксперименты с планетами (рис. 1–3). В классе же 11Б интегрированная среда не была задействована, т.е. объяснение законов происходило с использованием обычной доски, при этом преподаватель занял активную, а школьники пассивную позицию.

Следует отметить, что в наших предыдущих исследованиях [11] ученикам предоставлялась возможность ознакомиться с картиной физического мира на малых (10^{-10} м) расстояниях. В данной работе преимущества интегрированной среды «РНЕТ» показаны для объяснения поведения тел сравнительно больших размеров, для наблюдения которых невооруженным глазом потребовались бы десятки лет и труд не одного исследователя.

Перед концом каждого занятия от каждого ученика требовалось заполнить таблицу «Знаю/Не знаю/Узнал», состоящую из 10 вопросов, имеющих отношение к законам Кеплера (табл. 1).

Результаты

Освоенность учениками оценивалась по такому критерию: выбор отметки «Узнал» в 9–10 ячейках — 5; в 6–8 ячейках — 4; в 3–5 ячейках — 3 и в 0–2 ячейках — 2. Результаты для каждого из классов представлены в таблице 2. При этом *освоенность* учениками рассчитывали по формуле:

$$\text{освоенность} = \frac{\text{отличники} + \text{хорошисты} + \text{троечники}}{\text{все ученики}} \cdot 100\%,$$

где *отличники*, *хорошисты* и *троечники* — количество учеников, получивших оценки 5 (отлично), 4 (хорошо) и 3 (удовлетворительно) соответственно.

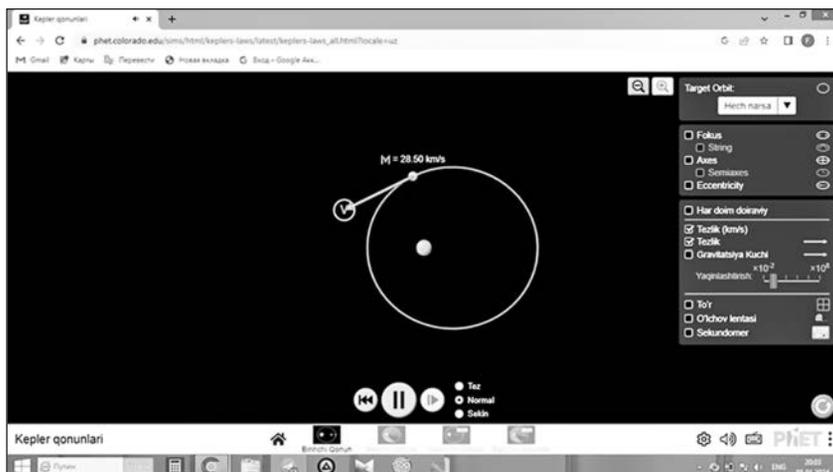


Рис. 1. Вид экрана ПК при моделировании первого закона Кеплера

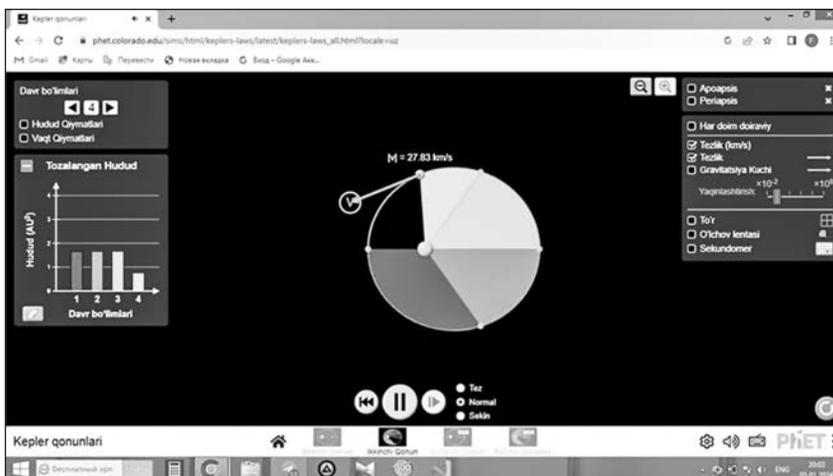


Рис. 2. Вид экрана ПК при моделировании первого закона Кеплера

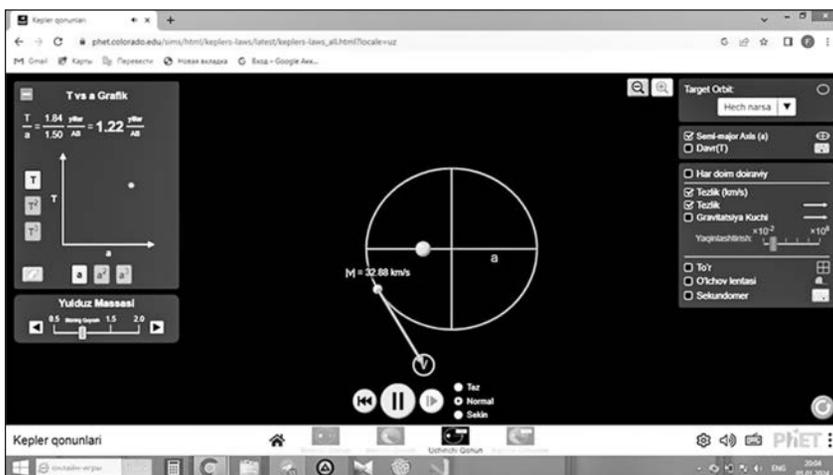


Рис. 3. Вид экрана ПК при моделировании третьего закона Кеплера

Таблица 1

Вопросы по выявлению освоенности учениками законов Кеплера

№	Вопросы	Знаю	Не знаю	Узнал
1	Значение слова «планета»			
2	Суть 1-закона Кеплера			
3	Суть 2-закона Кеплера			
4	Суть 3-закона Кеплера			
5	Полуось			
6	Фокус			
7	Скорость планеты			
8	Период планеты			
9	Афелий			
10	Перигелий			

Таблица 2

Степень освоенности учениками законов Кеплера

№	Оценки учеников	В классе 11А		В классе 11Б	
		Количество учеников	Доля среди всех учеников (%)	Количество учеников	Доля среди всех учеников (%)
1	5 (отлично)	10	38	4	15
2	4 (хорошо)	12	42	6	23
3	3 (удовлетворительно)	4	14	8	31
4	2 (неудовлетворительно)	2	7	6	23
5	Освоенность	26	93	20	69

Как видно из таблицы, освоенность учениками класса 11А примерно в 1,5 раза превышает освоенность учениками класса 11Б. Что же касается сопоставления оценок, то в классе 11А по сравнению с классом 11Б отличников больше на 21%, хорошистов — на 19%. Что касается троечников и двоечников, то в классе 11А их меньше по сравнению с классом 11Б на 17% (троечники) и на 16% (двоечники) соответственно.

Заключение

Итак, на основании анализа экспериментов, проведенных по выявлению преимуществ использования интегрированной среды «РНЕТ» при проведении занятия по теме «Законы Кеплера» по астрономии, можно сделать основные выводы.

Во-первых, использование данной среды позволяет повысить освоенность материала по сравнению с традиционным ведением занятия с применением обычной доски.

Во-вторых, при проведении урока у преподавателя появится возможность принять не активную, а пассивную роль, предоставив самим ученикам проводить эксперименты в ускоренном и уменьшенном (в миллионы раз) форматах движения небесных тел Солнечной системы.

Литература

1. Мугутуллина И.А., Усенко Н.Ю. Использование виртуальных лабораторных работ для преподавания дисциплины «Физика» // Science prospects. 2020. No. 11(134). С. 128–131.
2. Дмитриев О.С., Осипова И.А., Исаева О.В.

Опыт использования виртуальных лабораторных работ по физике // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2023. № 3(89). С. 144–152.

3. Акматбекова А.Ж., Мамбетакунов Э. Виртуальные лабораторные работы по физике как форма оптимизации самостоятельной работы студентов // Вестник Ошского государственного университета. Педагогика, психология. 2023. № 1(2). С. 6–17.

4. Злобина С.П. Виртуальные лабораторные работы на уроках астрономии // Научный аспект. 2022. Т. 1. № 5. С. 110–113.

5. Яловенко С.Н. Причина прецессии Меркурия и других планет. уточненный первый закон Кеплера // Символ науки. 2022. № 1–1. С. 7–13.

6. Yalovenko S.N. About the orbit of Mercury. Extension of Kepler's first law // German International Journal of Modern Science. 2021. № 22 P. 67–70.

7. Яловенко С.Н. Законы Кеплера // Colloquium-Journal. 2020. № 5-2 (57). С. 12–24.

8. Грановский Я.И. Конформная симметрия проблемы Кеплера // Вестник новгородского государственного университета. 2021. №4 (125). С. 114–116.

9. Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю. Решение уравнения Кеплера с машинной точностью // Астрономический журнал. 2020. Т. 97. № 12. С. 1022–1029.

10. Petrosyan M.G., Avanesyan E.V. Spheroidal basis of the generalized MİK-Kepler problem // Известия высоких технологий. 2022. 3(22). С. 24–33.

11. Nasirov T., Xudoyeva H. E3S Web of Conferences. 2023. 458, 06002. P. 1–5.

Дата поступления рукописи (Received): 27.04.2024.

Опубликовано (Published): 19.11.2024.

Информация

Примитивные астероиды — ключ к зарождению жизни на Земле

Происхождение летучих элементов, необходимых для возникновения жизни на Земле, волнует ученых уже несколько десятилетий. В недавнем исследовании была предпринята попытка разгадать эту тайну путем изучения химических отпечатков цинка, застрявшего во фрагментах метеоритов — останков самых первых астероидов и планетезималей. Результаты этого исследования позволяют предположить, что без этих метеоритов первобытная Земля не имела бы элементов, необходимых для развития жизни. В предыдущем исследовании Джек Шостак, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине, химик из Чикагского университета, уже выдвигал гипотезу о том, что удары астероидов могли способствовать развитию жизни на Земле. По его мнению, при умеренном ударе в атмосфере могли образоваться водород и метан, что создало бы благоприятные условия для образования органических соединений.

Гипотеза Шостака дополняет ряд исследований, подтверждающих идею о том, что летучие элементы, способные переходить из твердой в газообразную форму при низких температурах, сыграли ключевую роль. Сера, углерод, азот, водород, фосфор и кислород, как и вода, — все эти летучие элементы присутствуют в живых организмах. Хотя они существовали с момента образования Земли, около 4,5 млрд лет назад, их происхождение остается во многом загадочным. Многие ученые, как и Шостак, предполагают, что эти элементы появились в результате столкновения с астероидами, основываясь на том, что Земля образовалась в результате аккреции материи из внутренней протосолнечной среды. Чтобы пролить свет на этот спорный вопрос, сотрудники Кембриджского университета и Имперского колледжа Лондона исследовали ряд метеоритов. Были проанализированы различные изотопы цинка, присутствующие в 18 образцах метеоритов с разных планетезималей, включая 11 неуглеродистых и 7 углеродистых метеоритов. Цинк был выбран из-за его нетипичного состава. Затем ученые сравнили каждый изотопный отпечаток с образцами земных пород. Полученные данные были использованы для моделирования процесса накопления изотопов цинка за десятки миллионов лет, в течение которых Земля накапливала вещество. Согласно результатам, опубликованным в журнале *Science Advances*, 70% массы Земли приходится на расплавленные планетезимали, но они обеспечивают лишь около 10% содержания цинка. Команда предполагает, что 90% цинка Земли поступает из неуглеродистых метеоритов, в частности, хондритов, которые не подвергались плавлению в начале формирования Солнечной системы и сохранили свои летучие элементы

Источник: <https://new-science.ru/primitivnye-asteroidy-kljuch-k-zarozhdeniju-zhizni-na-zemle-predpolagaet-issledovanie/>

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ ЗА 2024 ГОД**НАВСТРЕЧУ ЮБИЛЕЮ**

Петрова Е.Б., Сауров Ю.А. «Физика в школе» — любовь моя, № 2, с. 3.

СЛОВО ОБ УЧИТЕЛЕ

Федорова Н.Б., Кузнецова О.В. Жизнь и деятельность Александра Андреевича Покровского, № 5, с. 3.

СТРАНИЧКИ ИСТОРИИ

Овчаров А.В., Голубь П.Д. Вклад отечественных физиков в становление и развитие российской Академии наук на начальном этапе ее деятельности (XVIII–XIX века), № 1, с. 3.

Овчаров А.В., Голубь П.Д. Вопросы физического образования в журнале «Вестник опытной физики и элементарной математики», № 5, с. 10.

Яковлева Т.Г. О чем сегодня «молчат» школьные учебники физики, № 3, с. 3.

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

Абдулаева О.А., Малкова А.В., Тамашина Я.Н. Проектные креативные задания как средство реализации межпредметных связей, № 3, с. 23.

Андрюшечкин С.М. Роль и место проблемного обучения на уроках физики, № 4, с. 3.

Антонова Н.А. Приемы формирования читательской грамотности при организации работы с учебными текстами, № 4, с. 12.

Воскобойникова Н.А. Межпредметные задания как средство развития глобальных компетенций учащихся на уроках физики, № 3, с. 31.

Дубицкая Л.В., Васильева Н.С. Решение задач по термодинамике на основе интегрального исчисления, № 6, с. 9.

Коноваленко С.П., Давиденко В.А., Кихтенко С.Н., Сушкин К.Ю. Метапредметный подход на уроке физики на примере темы «Влажность воздуха», № 2, с. 26.

Ловягин С.А. Реализация модульного подхода и алгоритмов искусственного интеллекта в обучении физике на примере изучения закона Архимеда, № 8, с. 12.

Ляпцев А.В., Сорокина Е.Н. Задания с количественными оценками как необходимая составляющая формирования естественнонаучной грамотности, № 3, с. 10.

Майер В.В., Вараксина Е.И. Дидактический курс проектной деятельности: задача на закон Ома для полной цепи, № 7, с. 3.

Пеньков В.Е. Методологические ошибки в обучении физике и возможности их устранения, № 1, с. 23.

Пушкарева Э.С. Методика проведения заключительных уроков учебного и календарного года, № 8, с. 22.

Ракин Г.В., Смирнов В.В., Стефанова Г.П. Изучение физических основ процессов передачи и обработки информации в средней школе, № 2, с. 17.

Романова Ю.С. Естественнонаучная кейс-задача: методика составления, № 3, с. 37.

Сауров Ю.А., Уварова М.П. О технологии преподавания в форме моделей уроков, № 2, с. 10.

Сауров Ю.А., Уварова М.П., Рублев А.И. Изучение понятий и термодинамических процессах, № 6, с. 3.

Смирнов В.В., Алыкова О.М., Стефанова Г.П., Погожева А.Б. Элементарная составляющая проекта «Новая физика», № 5, с. 19.

Соболев С.В., Локтионова Е.М. План-конспект изучения раздела «Основы специальной теории относительности» на углубленном уровне, № 8, с. 3.

Станев Г.П. Интерпретация опыта Майкельсона и Морли, № 6, с. 15.

Федорова Н.Б., Кузнецова О.В. Развитие креативного мышления на уроках физики, № 1, с. 12.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Антонова Н.А. Мультзадачи как средство формирования функциональной грамотности при обучении физике, № 7, с. 9.

Бордонская Л.А., Игумнова Е.А., Серебрякова С.С. Знакомство школьников и студентов с творчеством известного популяризатора науки Якова Исидоровича Перельмана, № 2, с. 32.

Дорогов Е.К. Межпредметные понятия в контексте интегративного образовательного события, № 3, с. 47.

Дроздова О.В. Междисциплинарное взаимодействие и когнитивная визуализация, № 3, с. 42.

Иванов Ю.В. Задачный физический квест по Большому адронному коллайдеру, № 5, с. 24.

Пеньков В.Е., Спицын А.О. Перспективы освоения космоса, № 6, с. 18.

ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ

Барышников С.В., Милинский А.Ю. Способы визуализации биопотенциалов сердца человека, № 1, с. 26.

Петрова Е.Б., Серегин А.В. Использование возможностей робототехники для мотивирования учащихся к изучению физики и астрономии, № 8, с. 30.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дунин С.М., Шаранова Н.В. Модели в виртуальной лаборатории «Живая Физика» для изучения замедления времени, сокращения длины и релятивистского закона сложения скоростей, № 6, с. 23.

Дунин С.М., Шаронова Н.В. О моделях в виртуальной лаборатории «Живая Физика» для изучения основ СТО (модели по относительности одновременности), № 2, с. 42.

Очков В.Ф. Какую форму имеет линза, № 8, с. 36.

Очков В.Ф. Математический анализ трамвайных путей, № 1, с. 32.

Очков В.Ф. Решение задач по химии в среде SMath или наконец-то $pv = T$, № 6, с. 30.

Очков В.Ф., Краска М., Диаз А. Полет на Луну, № 5, с. 29.

Федорова Н.Б., Кузнецова О.В., Кудлай О.В. Применение цифровой лаборатории РНУВЕ (физика) во внеурочной деятельности, № 7, с. 14.

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

Котлович В.М., Пивоваров С.С., Иванов М.И. О задачах российского Турнира юных физиков «Саксонская миска», № 4, с. 29.

Милинский А.Ю. Применение нейросетей для создания графических иллюстраций к авторским задачам по физике, № 6, с. 39.

Мукушев Б.А. Выдвижение гипотезы как средство решения физических задач, № 1, с. 52.

Мукушев Б.А., Битибаева Ж.М., Курманжанов А.Т. Формирование оценочных умений школьников при изучении физических явлений, № 7, с. 22.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Барышников С.В., Милинский А.Ю. Приемник теплового излучения для проведения демонстрационного эксперимента, № 5, с. 35.

Красноперов В.А., Бредгауэр В.А., Бодряков В.Ю. Определение фундаментальной мировой постоянной — числа e — в физическом опыте с подвешенной цепью, № 8, с. 39.

Лекомцев Д.Г. Простейший демонстрационный индикатор радиоактивности со световой индикацией, № 5, с. 40.

Мамаджонов Д.Н. Установка для демонстрации движения зарядов в магнитном поле, № 7, с. 41.

Петрова Е.Б., Чулкова Г.М. Определение коэффициента теплопроводности металлов доступными средствами, № 1, с. 46.

Петрова Е.Б., Чулкова Г.М., Теплякова К.О., Солдатенкова М.Д., Седых К.О., Лазарев М.А. Экспериментальные задачи по оптике, № 2, с. 49.

Пичугин В.С., Степанов С.В., Артамонов Ю.В., Бугаков П.С., Муренцов С.В. Комплект для изучения прямолинейного движения, № 8, с. 49.

Портнов Ю.А., Мальшакова И.Л. Деятельностный подход в изучении астрономии: новый взгляд на организацию школьного кружка. Часть 1, № 6, с. 46.

Портнов Ю.А., Мальшакова И.Л. Деятельностный подход в изучении астрономии: новый взгляд на организацию школьного кружка (часть 2), № 7, с. 27.

Рахматуллин М.Т. Этнокультурный подход к проведению физического эксперимента на примере звуковых колебаний и волн, № 7, с. 45.

Фаддеев М.А., Масленникова Ю.В. Исследование колебаний математического маятника. № 4, с. 21.

Филиппов В.В., Клементьев В.В., Лыков Д.Д. Практическое изучение школьниками эффекта Холла в полупроводниках, № 7, с. 36.

ШКОЛА—ВУЗ

Сайко Ю.С. Профессиональная проба в вузовском музее, № 4, с. 41.

КНИЖНАЯ ПОЛКА

Зиятдинов Ш.Г. К истории создания атомной бомбы, № 4, с. 46.

АСТРОНОМИЯ

Королев М.Ю. Гравитационно-волновая

астрономия — новый метод исследования Вселенной, № 5, с. 45.

Королев М.Ю. Современные исследования черных дыр звездных масс, № 1, с. 55.

Насиров Т.З., Худоева Х. Эффективность внедрения виртуальной среды «РНЕТ» при объяснении законов Кеплера, № 8, с. 56.

Свиридов В.В., Свиридова Е.Н. Физическое путешествие на обратную сторону Земли (тяготение), № 2, с. 55.

Свиридов В.В., Свиридова Е.Н. Физическое путешествие на обратную сторону Земли (энергетика), № 3, с. 55.

Свиридов В.В., Свиридова Е.Н. Физическое путешествие на обратную сторону Земли (тепловой режим), № 6, с. 56.

Свиридов В.В., Свиридова Е.Н. Физическое путешествие на обратную сторону Земли (атмосфера), № 7, с. 50.

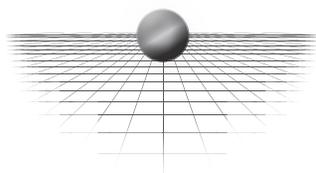
Царьков И.С., Ефремов Д.И., Матив В.М., Шафиев А.А., Заводиленко В.В. Школьный космический телескоп «УмКА-1». История проекта, № 4, с. 55.

Юрков В.В. Нужен ли школьный телескоп, № 7, с. 61.

НАМ ПИШУТ

Андрюшечкин С.М. Об одном школьном учебнике, № 5, с. 58.

Севрюков П.Ф. Стандарты, обозначения и определения, № 5, с. 63.



Третья международная конференция по космическому образованию «Дорога в космос»

5 октября 2024 г., как часть конференции по космическому образованию, в ИКИ РАН состоялась Международная конференция «Открывая космос», которую организовала АНО «Развитие космического образования» при поддержке ГК «Геоскан». Она стала площадкой для обмена идеями и технологиями открытого космоса, популяризации космонавтики.

В этот же день все желающие могли посетить выставочный зал ИКИ РАН в рамках Дня открытых дверей ИКИ РАН для школьников, студентов и всех, кому интересен космос!

Более подробно познакомиться с тематикой представленных докладов можно на сайте конференции: <https://roadtospace.cosmos.ru/>.



Участники конференции

Фото на обложке. Изображение составлено из серии фотографий, выполненных на борту МКС. Эта композиция состоит более чем из 72 отдельных фотографий с большой выдержкой, сделанных в течение нескольких минут, когда МКС находилась над Карибским морем, Южной Америкой и южной частью Атлантического океана.

Эти снимки позволяют увидеть траектории звезд в виде дуг окружностей, центром вращения которых являются полюса станции. Звезды, расположенные близко к центру вращения, образуют узкие круги ближе к центру изображения, в то время как звезды, расположенные дальше от него, делают более крупные дуги, видимые по краям.

Изображение включает в себя множество естественных и искусственных огней, которые можно наблюдать при пролете МКС над ночной стороной Земли. Там заметны неподвижные объекты, такие как города (бледные желто-белые полосы). Более тонкие, пунктирные линии с оранжевыми оттенками, вероятно, вызваны небольшими пожарами, горящими в тот момент в Южной Америке.

Вдоль горизонта снимок усеян грозами. Кое-где заметны ярко-белые вспышки молний. Над горизонтом слабое зелено-желтое свечение — это свечение воздуха верхних слоев атмосферы.

ПОДПИСКА 2025. I ПОЛУГОДИЕ

Подписывайтесь на журнал «ФИЗИКА В ШКОЛЕ»!

Издается с 1934 года. Входит в перечень ВАК

Статьям журнала присваивается DOI



ПОЧТА РОССИИ

на сайте podpiska.pochta.ru

в мобильном приложении Почты России

через почтальона

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 • Руконт - rucont.ru • eLIBRARY.RU – Научная электронная библиотека

○ Подписка на электронные версии печатных журналов оформляется на сайте 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

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

ISSN 0130-5522



08

Физика в школе, 2024, № 8, 1–64

ISSN 0130-5522

