

# Ж У Р Н А Л К В А Н Т И К

Д Л Я Л Ю Б О З Н А Т Е Л Ь Н Ы Х



## № 6 | БОРИС БЕЛОУСОВ

### И Ю Н Ъ 2018

ГРАВИТАЦИОННЫЙ  
БИЛЬЯРД

ВЕРТОСЛОВЫ



# ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

## ИДЁТ ПОДПИСКА НА II ПОЛУГОДИЕ!

Подписаться на журнал «КВАНТИК» вы можете в любом отделении связи Почты России и через интернет!

### КАТАЛОГ «ГАЗЕТЫ. ЖУРНАЛЫ» АГЕНТСТВА «РОСПЕЧАТЬ»



Индекс **84252** для подписки на полгода или на несколько месяцев полугодия

Самая низкая цена на журнал!

### «КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ» МАП

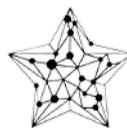


Индекс **11346** для подписки на полгода или на несколько месяцев полугодия

По этому каталогу также можно подписаться на сайте [vipishi.ru](http://vipishi.ru)

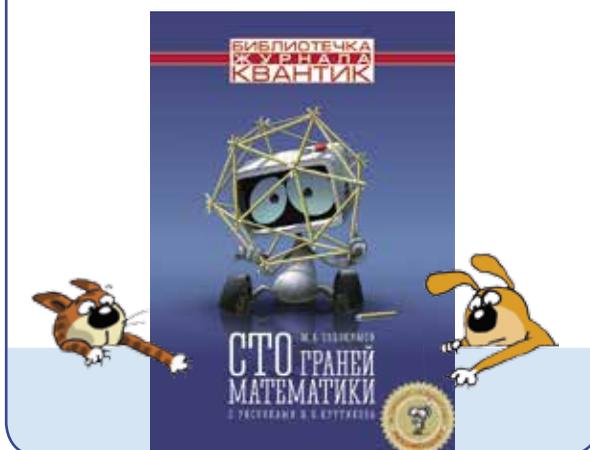
Жители дальнего зарубежья могут подписаться на сайте [nasha-prensa.de](http://nasha-prensa.de)

Подробнее обо всех способах подписки, о продукции «Квантика» и о том, как её купить, читайте на сайте [kvantik.com](http://kvantik.com)



Журнал «КВАНТИК» – лауреат  
**IV ВСЕРОССИЙСКОЙ ПРЕМИИ  
«ЗА ВЕРНОСТЬ НАУКЕ»**  
в номинации  
**«ЛУЧШИЙ ДЕТСКИЙ ПРОЕКТ  
О НАУКЕ»**

Вышла первая книга серии  
«Библиотека журнала «Квантик»:  
**Михаил Евдокимов**  
**«СТО ГРАНЕЙ МАТЕМАТИКИ»**  
с рисунками **Николая Крутикова**



Эту книгу, как и другую продукцию «Квантика», можно приобрести в интернет-магазине [kvantik.ru](http://kvantik.ru)

Кроме журнала редакция «Квантика» выпускает также альманахи, плакаты и календари загадок

[www.kvantik.com](http://www.kvantik.com)

[kvantik@mccme.ru](mailto:kvantik@mccme.ru)

[instagram.com/kvantik12](https://www.instagram.com/kvantik12)

[kvantik12.livejournal.com](http://kvantik12.livejournal.com)

[facebook.com/kvantik12](https://www.facebook.com/kvantik12)

[vk.com/kvantik12](https://vk.com/kvantik12)

[twitter.com/kvantik\\_journal](https://twitter.com/kvantik_journal)

[ok.ru/kvantik12](http://ok.ru/kvantik12)

Журнал «Квантик» № 06, июнь 2018 г.

Издаётся с января 2012 года

Выходит 1 раз в месяц

**Свидетельство о регистрации СМИ:**

ПИ № ФС77-44928 от 04 мая 2011 г.

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

**Главный редактор:** С. А. Дориченко

**Редакция:** В. Г. Асташкина, В. А. Дрёмов, Е. А. Котко, И. А. Маховая, А. Ю. Перепечко, М. В. Прасолов

Художественный редактор

и главный художник: Yustas-07

Вёрстка: Р. К. Шагеева, И. Х. Гумерова

Обложка: художник Елена Цветаева

**Учредитель и издатель:**

Частное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Московский Центр непрерывного математического образования»

**Адрес редакции и издателя:** 119002, г. Москва, Большой Власьевский пер., д. 11  
Тел.: (499) 795-11-05, e-mail: [kvantik@mccme.ru](mailto:kvantik@mccme.ru), сайт: [www.kvantik.com](http://www.kvantik.com)

**Подписка на журнал в отделениях связи Почты России:**

- Каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать» (индексы **84252** и **80478**)
- «Каталог Российской прессы» МАП (индексы **11346** и **11348**)

**Онлайн-подписка** по «Каталогу Российской прессы» на сайте [vipishi.ru](http://vipishi.ru)

По вопросам оптовых и розничных продаж обращаться по телефону **(495) 745-80-31** и e-mail: [biblio@mccme.ru](mailto:biblio@mccme.ru)

Формат 84x108/16

Тираж: 5000 экз.

Подписано в печать: 15.05.2018

Отпечатано в типографии

ООО «ТДДС-Столица-8»

Тел.: (495) 363-48-84

<http://capitalpress.ru>

Заказ №  
Цена свободная  
ISSN 2227-7986





# СОДЕРЖАНИЕ

■	ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ	
	<b>Зеркальное время, или Повторение пройденного.</b> <i>И. Акулич</i>	<b>2</b>
■	ДЕТИ СОВЕРШАЮТ ОТКРЫТИЯ	
	<b>Находка в Денали.</b> <i>В. Винниченко</i>	<b>7</b>
■	ОПЫТЫ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ	
	<b>Гравитационный бильярд и механическая модель лазерного резонатора.</b> <i>А. Андреев, А. Панов</i>	<b>8</b>
■	ВЕЛИКИЕ УМЫ	
	<b>Борис Белоусов.</b> <i>М. Молчанова</i>	<b>10</b>
■	ДВЕ ТРЕТИ ПРАВДЫ	
	<b>Герберт Уэллс, Поль Гоген, Ле Корбюзье.</b> <i>С. Федин</i>	<b>14</b>
■	ДЕТЕКТИВНЫЕ ИСТОРИИ	
	<b>Бледный мавр.</b> <i>Б. Дружинин</i>	<b>16</b>
■	СВОИМИ РУКАМИ	
	<b>Бумажная модель плоскости Лобачевского. Часть 2.</b> <i>А. Панов, Д. Ал. Панов</i>	<b>18</b>
■	СЛОВЕЧКИ	
	<b>Вертословы.</b> <i>С. Федин</i>	<b>22</b>
■	ОЛИМПИАДЫ	
	<b>LXXXIV Санкт-Петербургская олимпиада по математике</b>	<b>26</b>
	<b>Наш конкурс</b>	<b>32</b>
■	ЗАДАЧИ В КАРТИНКАХ	
	<b>Ошибка резчика.</b> <i>М. Гельфанд</i>	<b>28</b>
	<b>Тряская дорога.</b> <i>А. Бердников</i>	<b>IV с. обложки</b>
■	ОТВЕТЫ	
	<b>Ответы, указания, решения</b>	<b>29</b>



## ГРАВИТАЦИОННЫЙ БИЛЬЯРД И МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО РЕЗОНАТОРА

Для создания гравитационного бильярда нам понадобится стеклянная банка, воздушный шарик и ещё стальной шарик диаметром в несколько миллиметров. На стеклянную банку натянем кусок резиновой плёнки, вырезанной из воздушного шарика. Перед тем как герметично закрепить плёнку, нажмём на неё и выпустим из банки немного воздуха, чтобы под действием атмосферного давления плёнка прогнулась внутрь. Если банка круглая, то из-за разности давлений плёнка примет сферическую форму – будет представлять собой небольшой кусочек сферы.

Если на нашу плёнку с малой высоты точно по центру отпустить небольшой металлический шарик, он будет многократно подскакивать вверх и снова падать в центр, и эти подскоки будут продолжаться достаточно долго ([kvantik.com/stable.webm](http://kvantik.com/stable.webm)).

Если же начальная высота превышает некоторое критическое значение, то, как бы точно мы ни прицеливались по центру плёнки, всё равно после нескольких отскоков шарик будет выброшен за её пределы ([kvantik.com/unstable.webm](http://kvantik.com/unstable.webm)).

Оказывается, что критическая начальная высота, разделяющая эти два типа траекторий, равна половине радиуса сферы, частью которой является наша



Из-за разности давлений плёнка принимает сферическую форму

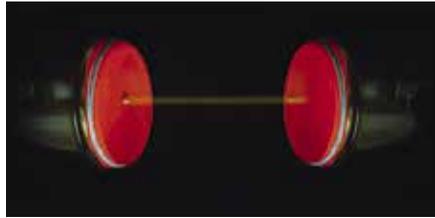


Шарик отпускается точно по центру плёнки



плёнка. Это можно проверить экспериментально, а можно доказать и чисто математически.

А теперь отключим гравитацию – представим, что мы находимся в условиях невесомости. Возьмём две такие банки, расположим их друг против друга и запустим между ними стальной шарик.



В невесомости

Возникает аналогичный вопрос: при каких условиях шарик будет устойчиво двигаться, попеременно отражаясь от одной плёнки к другой, а при каких условиях его обязательно выбросит из пространства между банками?

На самом деле это важный вопрос, и он хорошо изучен. Дело в том, что у нашей механической системы



Схема лазерного резонатора

имеется известный оптический аналог. Это лазерный резонатор – система из двух сферических зеркал, расположенных друг против друга. Он характеризуется тремя числами: радиусами зеркал  $R_1$ ,  $R_2$  и расстоянием между вершинами зеркал  $L$ .

В зависимости от соотношения этих трёх параметров световой луч, движущийся вблизи оси резонатора, либо всегда остаётся внутри резонатора, либо после нескольких отражений вылетает оттуда. В первом случае резонатор называют *устойчивым*, и его можно использовать для генерации лазерного излучения, во втором случае резонатор называют *неустойчивым*.

Отыскание критерия устойчивости лазерного резонатора – увлекательная задача, и её можно решить с помощью школьной математики. На сайте Квантика ([kvantik.com/laser.pdf](http://kvantik.com/laser.pdf) – просматривать лучше в режиме 2 страницы на экран) вы найдёте подробное обсуждение этой задачи, одинаково применимое и к самому лазерному резонатору, и к его «двухбаночной» механической модели.



Фото авторов



Художник Артём Костюкович

Марина Молчанова

*Вы смотрите на стакан с  
красно-лиловой жидкостью,  
а он вдруг становится ярко-  
синим. А потом снова крас-  
но-лиловым. И снова синим.  
И вы невольно начинаете  
дышать в такт колебаниям.*

*С.Э.Шноль*



Борис Павлович Белоусов  
(19.02.1893 – 12.06.1970)



Солдат Первой мировой  
войны в противогазе

Мы знаем много историй про гениальных художников, которых при жизни не принимали всерьёз. Они бедствовали, и долгожданная слава приходила к ним только после смерти. Среди учёных такое в наше время бывает редко: обычно научный мир быстро признаёт и усваивает новые открытия, важные результаты сразу становятся известными всему свету, и учёному достаётся заслуженная (а иногда незаслуженная) слава. Поэтому такой странной кажется судьба Бориса Белоусова: человек, совершивший одно из самых необычных открытий в современной химии, при жизни не был известен почти никому.

## РАННИЕ ГОДЫ

Белоусов родился в многодетной московской семье. Детство его было бурным: старший брат увлекался революционными идеями и вовлёк младших в свою деятельность. Их всех арестовали, даже двенадцатилетнего Бориса – в камере он спал в обнимку с плюшевым медведем... Но освободили, когда семья согласилась уехать в эмиграцию.

В Швейцарии Белоусовы тоже общались с революционерами. Сохранилось даже воспоминание Бориса Павловича о том, как он играл в шахматы с Лениным. Но с тех пор, к счастью, партийная политика его не интересовала – только химия.

После начала Первой мировой войны Белоусов приехал в Россию, чтобы пойти в армию добровольцем. Его не взяли: слишком худой! Но зато он начал работать в области военной химии. Ведь в той войне использовались отравляющие газы – а значит, нужны были средства их обнаружения, составы для противогазов...

После революции работа военного химика продолжилась. Белоусов вёл исследования – конечно, под грифом «секретно» – и читал лекции. Двигалась вверх и военная карьера: Белоусов получил звание комбрига (почти генерала). И чудом уцелел в период массовых арестов и расстрелов 1937–1938 годов, когда вокруг него погибли многие.

«Ну, знаете что, братцы, имея такую реакцию, можете не волноваться: на много лет хватит загадок и работы» – так отозвался о реакции Белоусова академик И. Е. Тамм

После этого он вышел в отставку и занимался только научной работой, по-прежнему в секретном институте. Никто, кроме ближайших сотрудников, о нём не знал, да и сам он не любил общаться с людьми. Но именно в этот период, когда его жизнь из бурной стала тихой и одинокой, он совершил своё открытие.

## КАК ЭТО БЫЛО

Помимо военной химии, Белоусов интересовался и совсем другой, необычной темой. В живых организмах происходит немало циклических, повторяющихся процессов. Таких, как сердцебиение: пока мы живём, сокращения нашего сердца постоянно повторяются. Такие же повторяющиеся процессы в живых клетках есть и на химическом уровне. Например, все биохимики знают про цикл Кребса, без которого невозможно дыхание: лимонная кислота претерпевает много химических превращений, в результате которых выделяется углекислый газ и возникают некоторые важные вещества, а в итоге снова образуется та же лимонная кислота и всё повторяется сначала.

Но процессы в живых организмах – отдельная история. А можно ли устроить такой же повторяющийся процесс «на коленке», в пробирке? Большинство учёных считало, что невозможно: в классической химии процессы в заданной системе всегда идут в одном направлении – к положению химического равновесия.

Но Белоусов считал, что невозможное возможно, и в 1951 году это показал. Он взял раствор, в котором было смешано несколько компонентов. Прежде всего, та же лимонная кислота. Туда же Белоусов добавил бромат калия – известный окислитель. Серную кислоту. И, главное, соль металла церия. (Кстати, с этим металлом мы часто встречаемся: сплав церия используется в зажигалках для высекаания искры.)

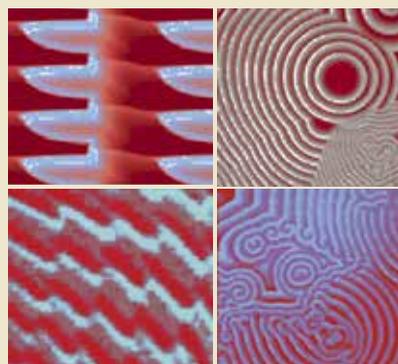
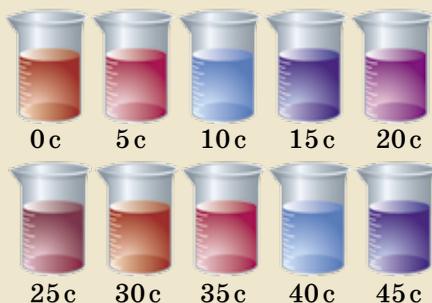
Можно было ожидать, что этот раствор будет постепенно менять цвет. Ведь у соединений церия есть две формы, и бесцветная форма под действием окислителя переходит в жёлтую. Удивительным было другое:



Б. П. Белоусов  
около 1956–1958 г.



Немецко-английский  
биохимик  
Ханс Адольф Кребс  
(25.08.1900 – 22.11.1981)



Цветные волны на основе колебательных реакций. Подобные картинки даже украшали обложку самого престижного научного журнала Nature



Советский и российский биофизик Симон Эльевич Шноль (родился 21.03.1930)

в смеси у Белоусова жёлтый раствор затем снова становился бесцветным. А затем снова жёлтым. А затем снова бесцветным... И так много раз. Или можно добавить ещё одно вещество, индикатор, чтобы перемены цвета были ярче – от красно-лилового до синего.

Это напоминало колебания маятника часов, который отклоняется то в одну, то в другую сторону, пока завод часов не кончится.

Но одно дело – привычные часы, а другое – химические процессы. И Белоусову никто не поверил! Он приносил свою статью в редакции уважаемых научных журналов. Там на него смотрели с таким же недоумением и презрением, с каким, наверное, смотрят на горе-изобретателей, принёсших проект вечного двигателя... Белоусов пытался уговорить своих критиков хотя бы попробовать сделать такие «химические часы»: для этого не нужно ни дорогих реактивов, ни сложных приборов. Но и пробовать никто не стал.

Опубликовать свой результат Белоусов смог лишь спустя годы, в крошечном ведомственном сборнике. И его открытие имело все шансы на забвение.

Но история снова сделала неожиданный поворот.

## ШНОЛЬ, ЖАБОТИНСКИЙ И ДРУГИЕ

Молодой учёный Симон Шноль в 1950-е годы занимался изучением некоторых биохимических систем. И ему показалось, что он видит в них признаки колебаний: системы переходили то в одно, то в другое состояние. Здравый смысл химика говорил ему, что такого быть не может. Но среди коллег слухи разносятся быстро, и Шнолю сказали: есть один старик, он может поставить перед тобой стакан с жидкостью, и она будет то синей, то красной, то снова синей...

Шноль познакомился с Белоусовым. Оскорблённый непризнанием, Белоусов не хотел никак участвовать в дальнейшей работе над этой темой. Но был не против того, чтобы над ней работали другие. И Шнолю удалось привлечь молодёжь, прежде всего талантливого студента Анатолия Жаботинского.

# ВЕЛИКИЕ УМЫ

Жаботинский многое развил и улучшил в постановке опыта. Он показал, что лимонную кислоту можно заменить некоторыми другими кислотами, церий – другими металлами. Но главное, чего он достиг, – это построение химической и математической модели. Стало понятно не только то, какие процессы происходят в смеси (а их чуть ли не сотня!), но и что их ускоряет и тормозит и почему возникают колебания.

Когда возникла теория, люди поверили. Постепенно началось признание: публикации, симпозиумы, затем получение и объяснение «химических волн» на основе колебательных реакций. Белоусов по-прежнему не хотел иметь к этому никакого отношения... Но в знак признания его заслуг открытая им реакция получила название «реакция Белоусова–Жаботинского», по-английски сокращенно BZ-реакция. И вскоре она стала известна всему миру.

## А ЧТО ПОТОМ?

Уже после смерти Белоусова Жаботинский получил за открытие колебательных реакций Ленинскую премию – самую почётную в Советском Союзе. Позже он успешно работал в США. Десять лет назад его не стало.

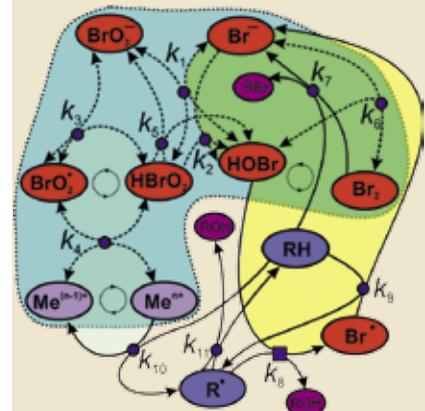
История открытия колебательных реакций подробно изложена в книге Шноля «Герои, злодеи, конформисты отечественной науки».

Белоусов не успел получить ни премий, ни признания. Он умер через год после выхода на пенсию, забытый всеми, кроме коллег.

Впрочем, и сейчас его имя мало что говорит широкой публике. Но по теме, которую он открыл, опубликованы тысячи статей и книг. Она повлияла на развитие важнейших областей науки, например на теорию автоволновых процессов. Вопросы, связанные с ней, изучают химики, физики, математики, биологи по всему миру. И даже те из них, кто вряд ли вспомнит фамилию «Белоусов», точно знают, что такое BZ-реакция. А значит, память всё-таки осталась.



Анатолий Маркович  
Жаботинский, 1983 г.



Упрощенная схема  
BZ-реакции

P. S. В интернете есть много красивых видео. Поищите «реакция Белоусова–Жаботинского», «реакция Бриггса–Раушера» (ещё одни «химические часы»), «химические волны» – и просто посмотрите.

# ОЛИМПИАДЫ **НАШ КОНКУРС**

Приглашаем всех попробовать свои силы в нашем **заочном математическом конкурсе.**

Высылайте решения задач X тура, с которыми справитесь, не позднее 1 июля в систему проверки [konkurs.kvantik.com](http://konkurs.kvantik.com) (инструкция: [goo.gl/HiaU6g](http://goo.gl/HiaU6g)), либо электронной почтой по адресу [matkonkurs@kvantik.com](mailto:matkonkurs@kvantik.com), либо обычной почтой по адресу **119002, Москва, Б. Власьевский пер., д. 11, журнал «Квантик».**

В письме кроме имени и фамилии укажите город, школу и класс, в котором вы учитесь, а также обратный почтовый адрес.

В конкурсе также могут участвовать команды: в этом случае присылается одна работа со списком участников. Итоги среди команд подводятся отдельно.

Задачи конкурса печатаются в каждом номере, а также публикуются на сайте [www.kvantik.com](http://www.kvantik.com). Участвовать можно, начиная с любого тура. Победителей ждут дипломы журнала «Квантик» и призы. Желаем успеха!

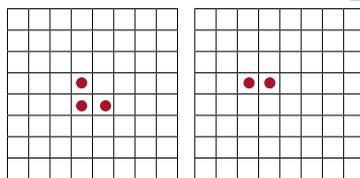
## X ТУР



**46.** Расшифруйте ребус  $AX + OX = ODA$ .

(Найдите все ответы и докажите, что других нет. Одинаковыми буквами обозначены одинаковые цифры, разными – разные, и ни одно число не начинается с нуля.)

**47.** На клетчатой доске стоят три фишки (как показано на левом рисунке). Одним ходом можно одновременно передвинуть одну фишку вверх (на одну клетку), одну фишку влево (на одну клетку) и одну фишку по диагонали вправо-вниз (на одну клетку). После нескольких таких ходов две фишки встали, как показано на правом рисунке. Где могла оказаться третья фишка?

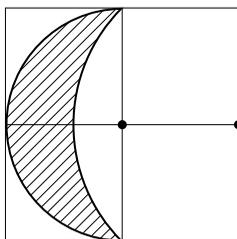


Авторы: Сергей Шашков (46), Егор Бакаев (47, 49),  
Евгений Братцев (48), Михаил Евдокимов (50)



48. Олег устраивает вечеринки исключительно по пятницам 13-го. Мог ли он остаться без вечеринок в каком-нибудь году? А какое наибольшее число вечеринок может быть у Олега за год?

49. На клетчатой бумаге провели две окружности с центрами в отмеченных точках. Их дуги ограничивают заштрихованную фигуру. Найдите её площадь, если площадь одной клетки равна 1.



50. У эксперта есть 8 золотых пластин, промаркированных 10г, 20г, 30г, 40г, 50г, 60г, 70г и 80г, а также слабочувствительные двухчашечные весы без гирь. Более тяжёлая чашка этих весов перевесит, если разность весов на чашках больше 10г, иначе весы останутся в равновесии. Эксперт знает, что вес ровно одной из пластин меньше заявленного. Как ему определить эту пластину на таких весах за 3 взвешивания?



# ТРЯСКАЯ ДОРОГА

Телега едет с постоянной скоростью (не подлетая) по ухабам. Какая из трёх приведённых форм ухабов приведёт к большей тряске, а какая к меньшей и почему? Перепад высот и период одинаковы во всех трёх случаях.

Советуем провести эксперимент: скопируйте контур каждой из дорог на картон, вырежьте и положите на бумагу, затем насадите на острый карандаш картонное колесо и «прокатитесь» по дорогам, оставляя след на бумаге.



НАЙДИ  
9 МЫШЕК



Я ОТ УХАБУШКИ УШЁЛ...



НА ЭТИХ УХАБАХ  
МОЖНО ВСЕ НОЖКИ  
ПЕРЕЛОМАТЬ...



ISSN 2227-7986 18006



9 772227 798183

Автор Александр Бердников

Художник Николай Воронцов

