



ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ

КВАНТ

№3/2012

А.А. ЛЕОНОВИЧ



ФИЗИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП

выпуск 3

Приложение к журналу

«КВАНТ»

№3/2012

А.А. Леонович

ФИЗИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП,

или Фрагменты из жизни
замечательных людей,
идей и понятий

Выпуск 3

Москва
Издательство МЦНМО
2012

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721
Л77

Приложение
к журналу «Квант»
№3/2012

Леонович А.А.

Л77 Физический калейдоскоп. Выпуск 3. – М.: Издательство МЦНМО, 2012. – 192 с. (Приложение к журналу «Квант» №3/2012.)

ISBN 978-5-4439-0035-3

Книга представляет собой сборник материалов раздела «Калейдоскоп «Кванта» по физике, опубликованных в журнале «Квант» начиная с 2004 года. Включает в себя множество фрагментов из жизни замечательных людей, идей и понятий.

Для учащихся и преподавателей общеобразовательных школ, лицеев и гимназий, для членов и руководителей физических кружков и факультативов, а также для всех тех, кому просто интересна физика.

ББК 22.3я721

ISBN 978-5-4439-0035-3

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Гидроаэростатика	5
Наклонная плоскость	11
Движение по окружности	16
Реактивное движение	21
Космонавтика	26
Теплопередача	31
Тепловое равновесие	36
Лед, вода и пар	41
Поверхностное натяжение	46
Твердое тело	50
Вакуум	55
Электростатика	59
Закон Ома (соединения проводников)	64
Закон Ома (электрические приборы)	69
Постоянные магниты	74
Токи и магниты	79
Частицы и поля	84
Переменный ток	89
Распространение звука	94
Распространение света	98
Цвет	102
Излучение	107
Зрительные иллюзии	112
Потоки	116
Нано... ..	121
Взаимосвязь вещества и гравитационного поля	126
Взаимосвязь вещества и электрического поля	131
Взаимосвязь вещества и магнитного поля	136
Вечный двигатель	141
Михаил Васильевич Ломоносов	145
Ответы	151

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Калейдоскоп «Кванта» по физике – авторская форма, полностью придуманная и воплощенная в реальность одним человеком, Александром Анатольевичем Леоновичем, который остается ее автором в течение почти тридцати лет существования этого раздела. Выпуски «Калейдоскопа» по физике за первые десять лет составили содержание одного из первых приложений к журналу «Квант» («Физический калейдоскоп»), которое вышло в 1994 году. В 2004 году появилась вторая книжка, собравшая почти все выпуски «Калейдоскопа» по физике за следующие десять лет. В данное приложение вошли все материалы этого раздела, опубликованные в «Кванте» начиная с 2004 года. Отметим, что за все эти годы увидели свет 99 (!) «Калейдоскопов» по физике, а в одном из ближайших номеров журнала выйдет юбилейный, сотый выпуск.

Каждый выпуск «Калейдоскопа» по физике посвящен одной конкретной теме – иногда достаточно узкой, но порой сформулированной так, что она захватывает многие разделы физики. Этой теме посвящены все разнообразные калейдоскопические «стеклышки» – эпитафии, введение, вопросы и задачи, микроопыт, любопытные исторические сведения. Все вместе они образуют причудливую и яркую картинку, позволяющую глубже понять и прочувствовать предложенную тему. В свою очередь, собранные в одну книгу калейдоскопы, посвященные различным вопросам физики, образуют большой и яркий физический калейдоскоп, знакомство с которым несомненно доставит нашему читателю огромное удовольствие.

Заметим, что книга эта не совсем обычная. Ее можно читать с любой страницы, перескакивать с места на место, короче говоря, вертеть как хочешь. Одним словом – калейдоскоп...

ГИДРОАЭРОСТАТИКА

...доказано, что более легкие, чем жидкость, тела, будучи насильно погружены в эту жидкость, движутся вверх с силой, равной тому весу, на который жидкость, имеющая объем, равный этому телу, будет тяжелее последнего.

Архимед

Мы погружены на дно безбрежного моря воздушной стихии, которая, как известно из неоспоримых опытов, имеет вес, причем он наибольший вблизи поверхности Земли...

Эванджелиста Торричелли

Сосуд, наполненный водой, является новым принципом механики и новой машиной для увеличения сил в желаемой степени...

Блез Паскаль

...Полет на свободном аэростате представляет нечто совершенно исключительное.

Камиль Фламмарин

Это и есть уравнение гидростатики. В общем случае оно не имеет решения.

Ричард Фейнман

Безбрежное небо и неведомые глубины океана всегда влекли человека, побуждая его подняться как можно выше в воздух и опуститься как можно глубже под воду. Более двух тысяч лет назад был установлен один из самых древних законов, с которым вы знакомитесь одним из самых первых в курсе школьной физики, – закон Архимеда. С тех пор можно отсчитывать начало научного освоения двух стихий и рождение гидроаэростатики.

Мысли выдающихся ученых – как верстовые столбы на пути понимания и применения этого закона. Полеты на огромные высоты и глубоководные погружения совершаются



сегодня на аппаратах, оснащенных современнойшим оборудованием, не только ради рекордов. Исследования атмосферы, в том числе последствий глобального потепления, разведка с воздуха, доставка грузов в труднодоступные места, совершенствование надводного и подводного флота, изучение морской фауны и флоры, поиски полезных ископаемых под океанским дном – вот неполный список задач, для решения которых необходимы аэростаты и дирижабли, научные суда и батискафы и... лежащий в основе их работы добрый старый закон Архимеда.

Но и в более простых задачах можно обнаружить неожиданные «подводные камни». Однако, не боясь предупреждения Фейнмана, беритесь за них – решения обязательно найдутся!

Вопросы и задачи

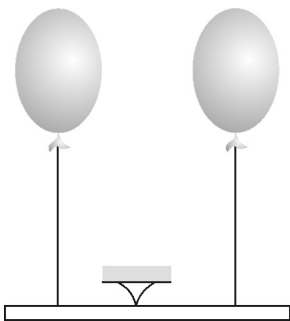


Рис. 1

1. Что изображено на приведенном здесь рисунке 1? А если его перевернуть?

2. Два сплошных цилиндра одинаковой массы и равного диаметра, но один алюминиевый, а другой свинцовый, плавают в вертикальном положении в ртути. Какой из них погружен глубже?

3. В двух одинаковых сосудах с водой плавают плоская широкая и высокая узкая коробочки. Когда в каждую из них положили по одинаковому тяжелому грузику, они остались на плаву. В каком из сосудов уровень воды при этом поднялся выше?

4. стакан с наклонными стенками, наполненный водой до краев, взвешивают на весах. Затем взвешивают этот же стакан с опущенным в него деревянным брусом, плавающим так, что вода доходит до краев стакана. Отличаются ли показания весов?

5. В ведре, наполненном доверху водой, плавает дырявая кастрюля. Выльется ли часть воды из ведра, когда кастрюля утонет?

6. Купаясь в речке с илистым дном, можно заметить, что ноги больше вязнут в иле на мелких местах, чем на глубоких. Как это можно объяснить?

7. Для погружения на 10 метров подводная лодка набирает в себя 100 тонн воды. А сколько воды ей надо набрать, чтобы погрузиться на 100 метров?

8. Стальной шарик плавает в ртути. Увеличится или уменьшится глубина его погружения, если повысить температуру?

9. Вес жидкости, налитой в сосуд, равен 3 Н. В жидкость погружают тело. Может ли архимедова сила, действующая на тело, равняться 10 Н?

10. В двух одинаковых сосудах на поверхности воды плавают одинаковые пробковые цилиндры, к которым на тонких нитях привязаны одинаковые грузы (рис.2). Одинаков ли вес сосудов со всем, что в них находится?

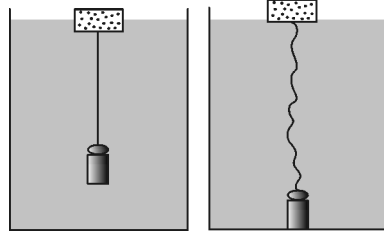


Рис. 2

11. В сосуде с водой плавает кусок льда, удерживаемый натянутой нитью, прикрепленной ко дну сосуда. Как изменится уровень воды в сосуде, если лед растает?

12. Порожнюю закрытую бутылку (с плоским дном) погружают в воду один раз горлышком вниз, а другой раз горлышком вверх на одну и ту же глубину, равную половине высоты бутылки. В каком случае совершается большая работа?

13. Вес любого тела на экваторе примерно на полпроцента меньше, чем в северных широтах. Изменяются ли осадка судна и его грузоподъемность при переходе из Северного Ледовитого океана в экваториальные воды? Плотность морской воды считайте везде одинаковой.

14. Со дна высокого стеклянного сосуда, наполненного водой, поднимается небольшой пузырек воздуха. Как изменяется выталкивающая его сила? Каков характер движения пузырька?

15. Из какого материала надо сделать гири, чтобы при точном взвешивании можно было не вводить поправки на уменьшение веса в воздухе?

16. Одинаковые по массе оболочки двух шаров сделаны из разных материалов: одна – из эластичной резины, другая – из прорезиненной ткани. Оболочки шаров наполнили водородом одного и того же объема и отпустили в воздухе. Какой из шаров поднимется на большую высоту?

17. Как зависит подъемная сила аэростата или дирижабля от температуры, при которой производится полет?

18. Чтобы дирижабль мог взлететь, его наполняют газом, более легким, чем воздух. Не лучше ли совсем выкачать из него газ?

19. Почему воздушный шар с закрытым выпускным клапаном, поднявшись на большую высоту, может лопнуть?

20. На дне сосуда с газом лежит тело, плотность которого немного больше плотности газа. Можно ли, повышая давление газа, заставить тело подняться вверх?

Микроопыт

В аквариум прямоугольной формы, наполненный водой, поместите любое тело, которое будет в нем плавать. Можно ли определить массу этого тела без взвешивания?

Любопытно, что...

...хотя Архимед считал себя прежде всего теоретиком, а работу над практическими приложениями относил к деятельности второго сорта, с его именем связывают около 40 изобретений. В средние же века и в эпоху Возрождения древний грек был столь почитаем, что стал поистине мифической личностью, которой приписывали самые невероятные изобретения и необычайно эффективное оружие.

...история, связанная с короной царя Гиерона, добавила к прочим заслугам Архимеда почетное звание, по-видимому, первого ученого-детектива.

...в районах впадения рек в море встречаются бревна, длительное время плавающие внутри воды на устойчивом расстоянии от ее поверхности. Объясняется это меньшей, чем у морской, плотностью пресной воды. На разделе этих вод может оказаться древесина с промежуточной плотностью.

...как-то знаменитым физикам Георгию Гамову, Роберту Оппенгеймеру и Феликсу Блоху предложили такую простенькую задачу: «Что произойдет с уровнем воды в бассейне, если из лодки, плавающей в нем, бросить в воду камень?», и ... все трое ответили неверно.

...утверждение, получившее в науке имя Блеза Паскаля и ставшее основным законом гидростатики, возможно, не в столь явной форме обнаруживается в трудах и Леонардо да Винчи, и Симона Стевина, и Галилео Галилея, и Эванджелиста Торричелли. А теоретическое и экспериментальное доказательство Стевином гидростатического парадокса легло в основу изобретенного впоследствии гидравлического пресса.

...несмотря на свою историческую важность, закон Архимеда не относится к фундаментальным законам природы. Так, его можно считать прямым следствием закона Паскаля; Стевин довольно просто обосновал его, исходя из принципов равновесия с помощью так называемого метода отвердения жидкости; закон Архимеда выводится также из закона сохранения энергии.

...чтобы доказать, что пространство над столбиком ртути – в знаменитом опыте с заполненной ею стеклянной трубкой – остается пустым, Торричелли впускал в него воду, которая под действием атмосферного давления врывалась в него «со страшным напором» и целиком его заполняла.

...неосознанно, не пользуясь расчетами, люди издревле опирались на закон Архимеда, когда, например, необходимо было преодолевать водные преграды. И лишь в 1666 году английский корабль Энтони Дин, к удивлению современников, теоретически определил осадку корабля и прорезал в его бортах отверстия для пушек до его спуска на воду, в то время как раньше это прорезывали, когда корабль был уже на плаву.

...к основоположникам аэростатики справедливо причисляют и Роберта Бойля, именем которого назван известный газовый закон. Так, после усовершенствования им насоса для откачки воздуха из резервуаров большого объема тут же возникли проекты по созданию летательных аппаратов, «более легких, чем воздух», причем сразу же предусматривались военные применения таких машин.

...пытаясь найти связь показаний барометра с высотой места, Роберт Гук потерпел неудачу, придя к выводу, что полная высота атмосферы бесконечна. Эдмонд Галлей, знаменитый открытием кометы, носящей теперь его имя, нашел в принципе верную формулу, по которой при возрастании высоты в арифметической прогрессии атмосферное давление уменьшается в геометрической прогрессии. Полное же решение, учитывающее изменение температуры, получил Пьер Лаплас, что оказалось весьма полезным для оперативного определения высоты в воздухоплавании.

...полет людей на воздушном шаре, заполненном горячим дымом, долго не позволял совершить братьям Монгольфье сам французский король, опасаясь за жизнь аэронавтов. Первый полет был осуществлен лишь в 1783 году. И в том же 1783 году (в год своей смерти) великий математик Леонард Эйлер подробно рассчитал подъемную силу аэростата, словно завещал разумно рисковать, опираясь на знания законов физики.

...человек, привязанный к воздушному шару, грузоподъемность которого всего лишь на один килограмм меньше его массы, способен совершать прыжки на 45 метров в высоту и на 90 метров в длину.

...по сей день остающийся рекордсменом среди воздушных аппаратов немецкий дирижабль «Гинденбург», построенный в середине 30-х годов прошлого века, достигал 248 метров в длину

и 40 метров в поперечнике, имел четыре дизельных двигателя общей мощностью в 4200 лошадиных сил, принимал на борт более 100 человек и покрывал расстояние из Франкфурта в Нью-Йорк за 2,5 дня. А первое в истории кругосветное путешествие на дирижабле было совершено еще в 1929 году.

...в 1932 году швейцарский физик Огюст Пикар поднялся на аэростате собственной конструкции в стратосферу на высоту почти 17 километров, а позднее на разработанном им же батискафе погрузился в самую глубокую точку Средиземного моря. В 1960 году его сын Жак на батискафе «Триест» погрузился в Марианскую впадину на рекордную глубину около 11 тысяч метров. Семейную традицию поддержал внук Огюста Пикара – Бертран, совершивший в 1999 году кругосветное путешествие на воздушном шаре «Орбитер» за двадцать дней без промежуточной посадки.

...автор модели расширяющейся Вселенной Александр Фридман занимался еще и метеорологией и в 1925 году принял участие в рекордном по тому времени полете на воздушном шаре до высоты 7400 метров. А Огюст Пикар, научным руководителем которого был автор теории относительности Альберт Эйнштейн, поднимался в небо на аэростате в том числе и для проведения эксперимента, подтвердившего эту теорию.

...на смену людям, совершающим глубоководные погружения в батискафах, приходят роботы, «одетые» в специальную керамическую оболочку, позволяющую выдерживать чудовищное давление. Так, в 2009 году американский робот «Нерея» провел на дне Марианского желоба десять часов, выполняя различные измерения. А в 2012 году там же вновь побывал человек – знаменитый голливудский режиссер Джеймс Кэмерон, снявший такие фильмы, как «Титаник» и «Аватар».

НАКЛОННАЯ ПЛОСКОСТЬ

...если у вас имеется плоская поверхность совершенно гладкая, как зеркало, а из вещества твердого, как сталь, не параллельная горизонту, но несколько наклонная, и если вы положите на нее совершенно круглый шар из вещества тяжелого и весьма твердого, например из бронзы, то что, думаете вы, он станет делать, будучи предоставлен самому себе?

...повторяя опыты сотни раз, мы постоянно находили, что отношение пройденных путей равно отношению квадратов времен их прохождения при всех наклонах плоскости...

Степени скорости, приобретаемые одним и тем же телом при движении по разным наклонным плоскостям, равны между собой, если высоты этих наклонных плоскостей одинаковы...

Галилео Галилей

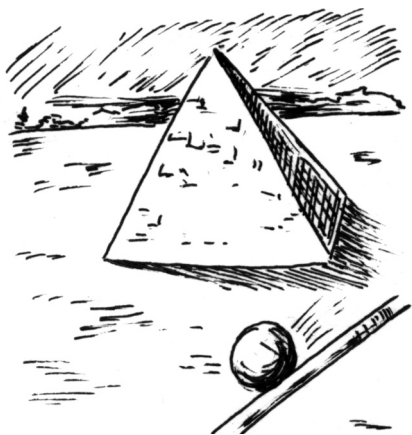
...тело, падающее по наклонной плоскости, ...движется несвободно, так как находящаяся внизу плоскость... препятствует телу падать прямо, как этого требует сила тяжести.

Леонард Эйлер

Силы, возникающие при движении частицы вниз по склону под действием тяжести, весьма и весьма запутаны...

Ричард Фейнман

Что собой представляет наклонная плоскость – объект наблюдений, прибор для проведения опытов, простой механизм? И то, и другое, и третье – потому и стала персонажем «Калейдоскопа», тем более что открытие основополагающих законов механики трудно представить без ее участия. Великий Галилей, с которого и началось современное естествознание, сумел сделать ее надежным помощником в своих экспериментах и выводах, о чем можно судить по числу упоминаний о ней в его трудах, что лишь малой частью от-



ражено в эпитафие. Историки науки даже утверждали, что «современная наука спустилась с небес на землю по наклонной плоскости Галилея».

Конечно, наклонные плоскости применяли еще строители египетских пирамид, поднимая с их помощью каменные блоки массой в две с половиной тонны на высоту в полтора метра. Но эти плоскости – неотъемлемая часть и сегодняшней нашей жизни. Принцип их действия используется в любом винтовом устройстве, начиная от шурупов и кончая навинчивающимися крышками банок и бутылок. А как обойтись без знаний о наклонных плоскостях при строительстве автомобильных и железных дорог, в особенности на пересеченной или в горной местности, при проектировании фуникулеров и эскалаторов, при прокладке горнолыжных спусков и возведении трамплинов, при организации аттракционов или оборудовании пандусов для инвалидов, при исследовании сползания ледников и схода лавин?

Множество примеров лишь подтверждают важность обращения к этому простому механизму, «простота» которого, по мнению Фейнмана, не так очевидна, как кажется, в чем мы призываем убедиться и вас.

Вопросы и задачи

1. Скорость монеты соскальзывающей с клина, изображена на рисунке 1. Графическим построением найдите скорость клина.

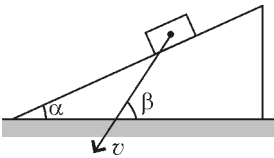


Рис. 1

2. Из верхней точки вертикального диска прорезан желоб, составляющий угол α с вертикальным диаметром диска. Как зависит время скольжения грузика по желобу от угла α , если трением можно пренебречь?

3. Под каким углом к вертикали должен быть направлен из точки, находящейся над наклонной плоскостью, гладкий желоб, чтобы шарик соскользнул по нему на плоскость за наименьшее время?

4. В прямоугольной трубке находится поршень, форма которого в сечении представлена на рисунке 2. Давление жидкости по обе стороны поршня в горизонтально расположенной трубке одинаково. Будет ли поршень находиться в равновесии?

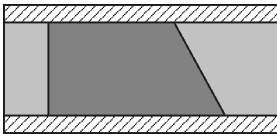


Рис. 2

5. Две мензурки одинаковой длины заполнены водой, одна расположена вертикально, другая – под углом

30° к горизонту. Как будут различаться давления воды на дно мензурок?

6. На доску положили два одинаковых кирпича – один плашмя, а второй на ребро. Какой кирпич соскользнет с доски первым (если при этом он не опрокидывается), когда доску станут наклонять?

7. Брусок находится на шероховатой плоскости, угол наклона которой можно изменять от 0 до 90°. Что при этом будет происходить с силой трения, действующей на брусок, если пренебречь явлением застоя?

8. На наклонной плоскости с углом наклона α покоится монета массой m . С какой силой реакции наклонная плоскость действует на монету? Чему равна при этом сила трения?

9. На клин, плоскость которого составляет угол α с горизонтом, положили небольшое тело. Какое ускорение надо сообщить клину в горизонтальном направлении, чтобы тело свободно падало?

10. На наклонной плоскости лежит монета, удерживаемая силой трения. Как она будет двигаться, если ей сообщить горизонтальную скорость вдоль плоскости?

11. Какой силой \vec{F} можно удержать на месте брусок массой m , лежащий на гладкой наклонной плоскости с углом при основании α ?

12. Математический маятник укреплен на тележке, скатывающейся без трения с наклонной плоскости. Найдите положение равновесия маятника.

13. Левый клин медленно вдвигают под правый, отношение катетов в котором представлено на рисунке 3. Каким должен быть угол α , чтобы правый клин перевернулся?

14. При каком условии винт может служить для крепления деталей?

15. С вершины сортировочной горки поочередно скатывают два вагона: один пустой, другой груженный. Какой вагон проедет дальше по прямолинейному участку после скатывания с горки?

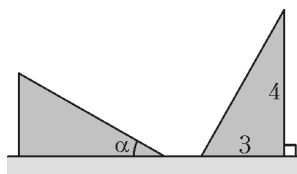


Рис. 3

16. Если автомобиль въезжает на гору при неизменной мощности двигателя, то его скорость движения уменьшается. Почему?

17. Цилиндр, диаметр которого равен его высоте, один раз соскальзывает с наклонной плоскости вдоль своей образующей, а другой раз скатывается с той же точки плоскости. Сравните

13. Перпендикуляры к зеркалам A_1 и A_2 должны составлять с падающими лучами углы $22^\circ 30'$, а перпендикуляры к зеркалам A_3 и A_5 – углы $67^\circ 30'$.

14. Коллега Ломоносова Леонард Эйлер, разделявший с ним представления о свете как о волновом процессе, считал, что световое ощущение зависит от частоты, а не от длины световой волны. Частота же при переходе света из одной среды в другую не меняется.

15. Это явление возникает в результате преломления солнечных лучей в открытой Ломоносовым атмосфере Венеры.

Микроопыт

Роса образуется при охлаждении земной поверхности посредством излучения. Облака же препятствуют потере тепла таким способом.

Приложение к журналу «Квант» №3/2012

А.А.Леонович

Физический калейдоскоп

Выпуск 3

Редактор *В.А.Тихомирова*

Обложка *А.Е.Пацхверия*

Макет и компьютерная верстка *Е.В.Морозова*

Компьютерная группа *Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева*

Формат 84×108 1/32. Бум. офсетная. Гарнитура кудряшевская

Печать офсетная. Объем 6 печ.л. Тираж: 1-й завод 900 экз.

Заказ №

119296 Москва, Ленинский пр., 64-А, «Квант»

Тел.: (495)930-56-48, e-mail: math@kvant.ras.ru, phys@kvant.ras.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов

в ППП «Типография «Наука»

121099 Москва, Шубинский пер., д. 6