

А. А. Леонович *Физический калейдоскоп*

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ КВАНТ

БЮРО  КВАНТУМ



АЛЕКСАНДР ЛЕОНОВИЧ

ФИЗИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП,
*или Фрагменты из жизни
замечательных людей,
идей и понятий*

* *
*



БЮРО КВАНТУМ
МОСКВА
1994

Леонович А. А.

Ф48 Физический калейдоскоп / Под ред. А. И. Черноуцана — М.: Бюро Квантум, 1994.— 192 с. (Приложение к журналу "Квант". Вып. 2)

ISBN 5-85843-003-1

Книга представляет собой своего рода школьную физическую энциклопедию в миниатюре, занимающую место между справочной и исторической литературой, с одной стороны, и учебными пособиями и задачками — с другой. Включает в себя более 1000 сюжетов — фрагментов из жизни ученых и физических понятий, качественных задач и микроопытов, — собранных в занимательной форме.

Для преподавателей и учащихся средних школ, лицеев и гимназий, а также для всех, кто увлекается физикой.

Ф $\frac{4802000000-003}{У24(03)-94}$ без объявл.

ББК 22.3

ISBN 5-85843-003-1

Начнем знакомство?

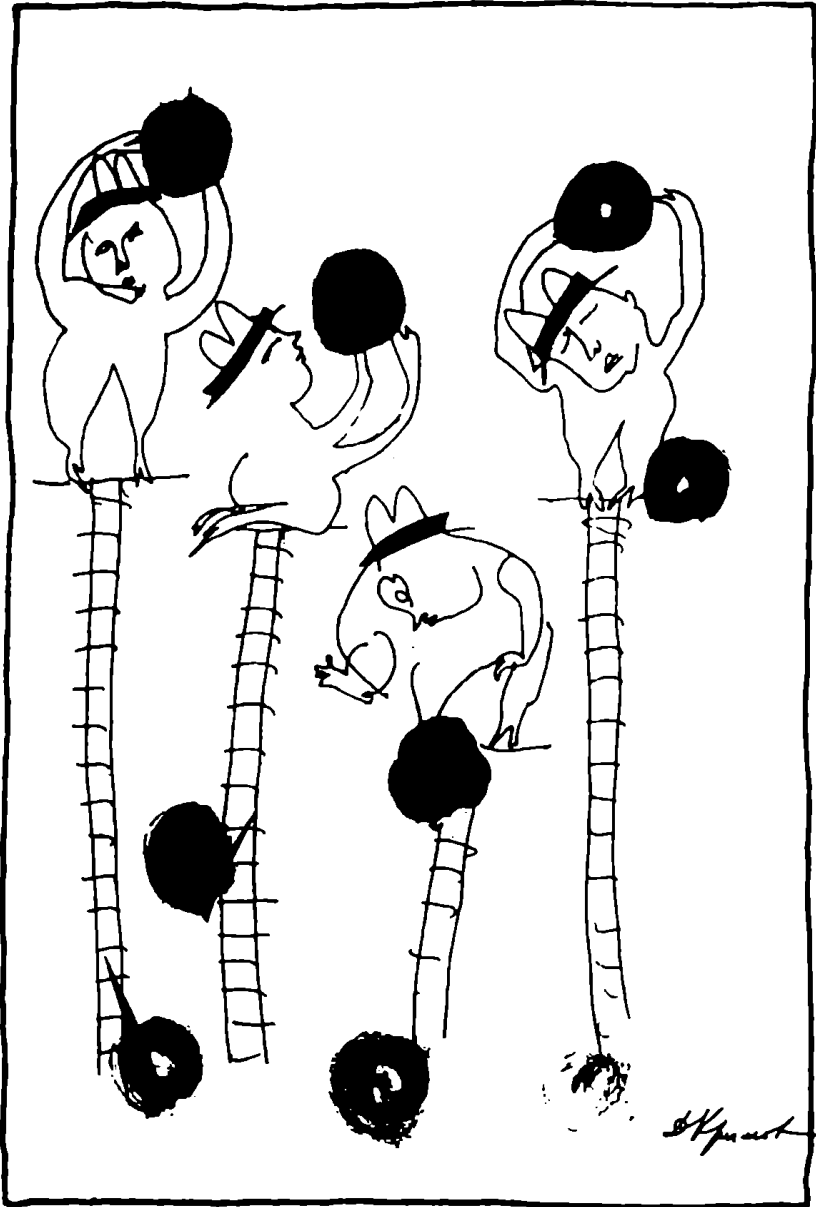
Вы взяли в руки не совсем обычную книгу. Ее можно читать с любой страницы, пересказывать с места на место, выбирать только то, что покажется интересным. Короче говоря, вертеть как хочешь. Одним словом — калейдоскоп.

С другой стороны, как и в настоящем калейдоскопе, внимательный взгляд заметит в многообразии композиций, представленных в книге, вполне определенных участников и ясную конструкцию. Роль осколков цветного стекла, из которых составляются картинки, здесь играют физические понятия — величины, законы, а иногда даже целые области физической науки. При каждом повороте нашего "Калейдоскопа" главным персонажем на время становится одно (или несколько) из понятий, другие отступают в тень или помогают "герою" показать себя во всей красе. А зеркальные пластинки, между которыми мелькают узоры, заменяют вопросы и задачи, изречения и миниатюры, микроопыты и истории.

Калейдоскоп, как известно, — игрушка, правда изобретенная физиком — Дэвидом Брюстером. Этой игрушкой можно развлекаться в буквальном смысле — "любоваться сменяющимися красивыми видами" или в переносном — "устраивать быструю смену лиц и событий". Даже если наш "Калейдоскоп" послужит лишь для этих целей, автор и редакция журнала "Квант" посчитают, что поработали не зря. Однако...

Не хотелось бы повторять прутковскую мораль о камешках, в воду бросаемых, но мы надеемся, что знакомство с "Физическим калейдоскопом" действительно будет для вас не только "пустой забавой". А тем, кому заточется подробнее узнать об истории и устройстве нашего "Калейдоскопа", советуем заглянуть в конце книги, на страничку с заголовком "Продлим знакомство?".

“Это, во-первых, тела...”



А так ли хорошо знакомы вам



ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ



СКОРОСТЬ



УСКОРЕНИЕ



МАССА



СИЛА



ДАВЛЕНИЕ



ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ СИЛА



?

Движение точки



... нельзя наблюдать и определить движения тела, имеющего конечную величину, не определив сначала, какое движение имеет каждая его маленькая частичка или точка.

ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР

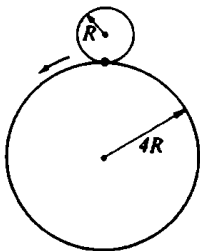
Замечательную возможность изучать самые разнообразные, в том числе и очень сложные, движения предоставляет сведение их к простейшему — движению точки вдоль линии. Но и такое, на первый взгляд, нехитрое движение требует для своего описания введения целого ряда понятий. Прежде всего таких, как траектория, координата, путь и перемещение. За каждым понятием — долгая история, связанная со становлением законов, которым подчиняются движения тел на земле и в космосе.

Большинство же вопросов, на которые вам предстоит ответить, — иллюстрация к той мысли, что и давние понятия могут быть сегодня прекрасными помощниками.

Вопросы и задачи

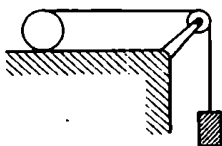
1. Столкнутся ли два шара, если известно, что траектории их центров пересекаются?

2. Круг радиусом R катится по кругу радиусом $4R$. Сколько оборотов совершит малый круг по возвращении в первоначальное положение?

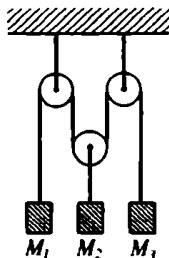


3. Чем отличаются траектории точек кабины аттракциона "Колесо обозрения" от траекторий точек самого колеса?

4. Нерастяжимая нить намотана на цилиндр, а другим концом привязана к грузу. Какой путь пройдет груз, когда катящийся без скольжения цилиндр, длина окружности которого равна l , сделает один оборот?

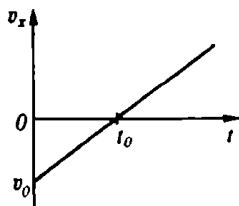


5. К нерастяжимой нити, перекинутой через блоки, привязаны грузы, как показано на рисунке.



Найдите направление и модуль вектора перемещения груза M_2 , если груз M_1 переместился на 5 см вверх, а груз M_3 – на 3 см вниз.

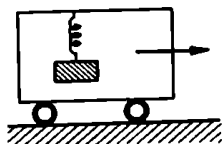
6. Тело движется прямолинейно, выйдя из точки с координатой x_0 , причем проекция его скорости меняется так, как показано на



графике. Как будут выглядеть для этого тела графики зависимости координаты, проекции перемещения и пути от времени?

7. По какой траектории и как должна двигаться точка, чтобы пройденный ею путь равнялся модулю перемещения?

8. Какова (относительно земли) траектория колеблющегося на пружинке грузика, помещенного в равномерно движущийся вагон?



9. По какой траектории движется частица в бегущей продольной волне?

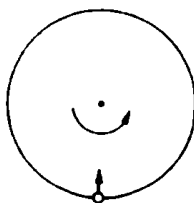
10. Мальчик бросает мячи из вагона в сторону, противоположную движению поезда. Как будут двигаться мячи по отношению: а) к вагону; б) к полотну дороги?

11. По какой траектории станет двигаться заряженная частица, влетающая в однородное электрическое поле под углом к силовым линиям?

12. Что представляет собой траектория частицы, ускоряемой в циклотроне?

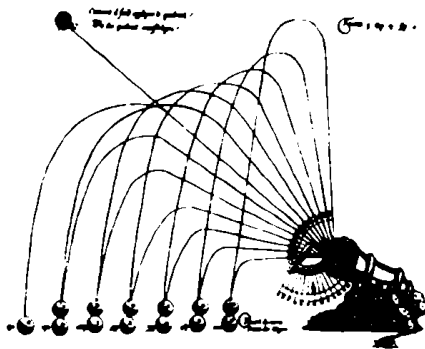
13. Существуют ли такие точки движущегося вагона, которые перемещаются не вперед, а назад? Каковы траектории этих точек?

14. Мелок пускают по диаметру равномерно вращающегося круга. За время, пока круг делает половину оборота, мелок относительно земли может пройти



путь, равный диаметру круга. Какой след оставит мелок на круге? Трение пренебрежимо мало.

15. Осколки снаряда, взорвавшегося на вершине башни, разлетелись с одинаковой начальной скоростью u_0 . Как будут располагаться в пространстве осколки после взрыва? По какой траектории движется каждый осколок?



летательных снарядов состоят из прямолинейных отрезков и сопрягающих их дуг. И лишь Галилею удалось установить, что траекторией тела, брошенного под углом к горизонту в безвоздушном пространстве, является парабола. А итальянец Тарталья, живший немного раньше, хотя и не знал законов, управляющих движением снарядов, пришел к выводу, что наибольшей дальности стрельбы можно достичь, если наклонить орудие к горизонту под углом 45° .

Микроопыт

Подвесьте тяжелый грузик (гирьку, металлический шарик) на длинной нити и отведите ее на небольшой угол из положения равновесия. Отпустите грузик: а) без начальной скорости; б) со скоростью, направленной перпендикулярно вертикальной плоскости, проходящей через точку подвеса. По каким известным вам траекториям сможет двигаться грузик?

Любопытно, что...

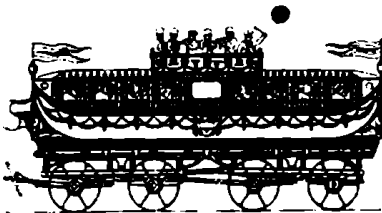
... одна из первых задач астрономии заключалась в разумном объяснении необычных наблюдаемых траекторий планет, например Марса. В некоторых местах его траектория наводила на мысль, будто Марс меняет направление своего движения.

... современное понимание трехмерности физического пространства появилось, по-видимому, в XVII веке, когда Декарт изобрел прямоугольную систему координат.

... со времен Аристотеля считалось, что траектории

... только на полюсах Земли тела падают строго вертикально. Во всех остальных точках планеты свободно падающие тела отклоняются от вертикали к востоку за счет так называемой силы Кориолиса, возникающей во вращающихся системах отсчета.

... понятие траектории используется сегодня далеко за рамками кинематики. Скажем, фазовая траектория отображает изменение состояния физической системы и представляет собой линию в так называемом фазовом пространстве, которое в случае сложных систем может быть многомерным или даже бесконечномерным.



Скорость



... если бы камень, выпущенный с вершины мачты плывущего с большой скоростью корабля, упал в точности в то же самое место, куда он падает, когда корабль стоит неподвижно, то какую службу сослужил бы этот опыт с падением для решения вопроса, стоит ли судно неподвижно или же плывет?

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

Скорость — слово, которое мы начинаем использовать задолго до того, как узнаем, что же скрывается за ним в строгом понимании, связывая его прежде всего с быстротой движения.

Скорость — одна из первых векторных физических величин, с которой мы знакомимся в школе. Чтобы задать скорость, надо определить не только ее модуль, но и направление.

Скорость — величина относительная. Одно и то же тело может одновременно двигаться и находиться в покое в разных системах отсчета.

Скорость, с которой распространяется свет в вакууме, — максимально возможная скорость в природе. И одна из фундаментальных физических констант.

Продолжим же знакомство с этим богатым по содержанию физическим понятием.

Вопросы и задачи

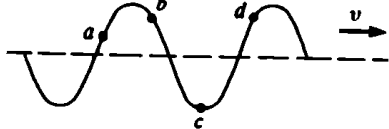
1. График изображает зависимость от времени скоростей двух прямолинейно движущихся тел на протяжении одного и того же промежутка времени. Какое из тел имело за этот промежуток большую среднюю скорость?



2. Во время езды на автомобиле через каждую минуту снимали показания скорости по спидометру. Можно ли по этим данным определить среднюю скорость движения автомобиля?

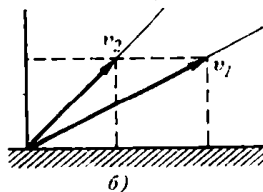
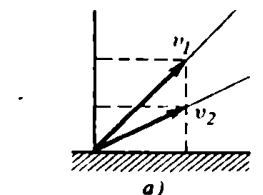
3. Лодку подтягивают за веревку к берегу. Определите скорость движения лодки в момент, когда угол наклона веревки α , а скорость ее вытягивания v_B .

4. На рисунке изображено расположение точек, участвующих в поперечном волновом движении, в



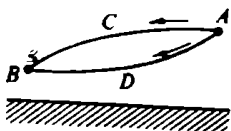
какой-то момент времени (v – скорость волны). Каковы направления векторов мгновенных скоростей точек a , b , c и d в этот момент времени?

5. Два камня брошены с земли под различными углами к гори-



зонту со скоростями \vec{v}_1 и \vec{v}_2 так, как показано на рисунках. Какой из камней улетит дальше? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

6. Тело соскальзывает из точки A в точку B один раз (не отрываясь) по дуге ACB , другой раз по дуге ADB . В каком случае



скорость тела в точке B больше, если коэффициент трения один и тот же?

7. Может ли человек бежать быстрее своей тени?

8. Определите скорость падения капля дождя, оставляющих след на стеклах электрички, если известны ее скорость и угол наклона следа к вертикали. Ветра нет.

9. Тело брошено с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту. Найдите изменение скорости тела за время полета, пренебрегая сопротивлением воздуха.

10. В какой точке траектории летящее тело (см. задачу 9) обладало наименьшей скоростью?

11. Две материальные точки движутся по окружностям одинакового радиуса с одинаковыми по модулю ускорениями. Ускорение первой точки направлено под углом к касательной, второй – по радиусу. У какой из этих точек модуль скорости больше?

12. Как меняется модуль скорости точки, совершающей гармонические колебания, в те моменты, когда координата точки уменьшается по модулю?

13. Когда скорость иглы проигрывателя относительно пластинки больше – в начале проигрывания пластинки или в конце?

Микрофизик

Попробуйте, имея газету и секундомер, показать, что средняя скорость падающего в воздухе тела тем больше, чем меньше площадь его поперечного сечения.





ными Ледниками, к примеру, "текут" со скоростью около метра в неделю. А вот юго-западная часть Калифорнии сдвигается на северо-запад вдоль разлома земной коры в среднем на 5 сантиметров в год.

... некоторые объекты могут достигать на Земле скоростей, значительно превышающих вторую космическую, однако от Земли не отрываются. Это, например, электроны, движущиеся в атомах, или сами атомы при тепловом движении.

Любопытно, что...

... зная среднюю скорость движения тела на двух одинаковых участках пути, мы сразу же можем оценить предельно возможные значения средних скоростей тела на каждом из участков (попробуйте убедиться в этом самостоятельно).

... на загруженных дорогах даже опытные водители, несмотря на попытки вести машины со скоростью, скажем, 70 км/ч, нарушая ограничение 60 км/ч, не могут проехать больше 50 км за один час.

... увеличение сцепления колес с дорожкой, которого добиваются во время автомобильных юнок, практически не влияет на максимальную скорость, определяемую прежде всего мощностью двигателя автомобиля.

... движется и то, что кажется абсолютно неподвиж-

... скорости, сравнимые со скоростью света, получают в земных условиях на ускорителях элементарных частиц. Однако в природе существуют и ишантские объекты, удаляющиеся от нас с подобными скоростями, — это квазары, расстояние до которых измеряется миллиардами световых лет.



Ускорение



... теперь же перейдем к движению ускоренному. Прежде всего необходимо будет подыскать этому естественному явлению соответствующее точное определение и дать последнему объяснение.

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

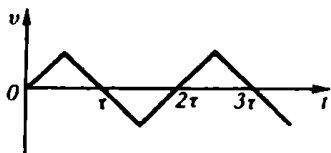
Понятие ускорения Галилей ввел, проводя опыты по установлению связи между скоростью падения тел и силой тяжести. Оно оказалось чрезвычайно важным и плодотворным для дальнейшего развития механики, так как именно ускорение характеризует результат воздействия одного тела на другое. Описывая любые механические движения тел, в том числе неравномерные и криволинейные, мы не можем обойтись без законов и соотношений, в которых основным "действующим лицом" является ускорение.

Вопросы и задачи

1. Два поезда идут навстречу друг другу: один — ускоренно на север, другой — замедленно на юг. Как направлены ускорения поездов?

2. С помощью графика скорости равноускоренного движения без начальной скорости покажите, что пути, пройденные телом за последовательные равные промежутки времени, пропорциональны ряду нечетных чисел.

3. На рисунке приведен график скорости тела, движущегося



прямолинейно. Постройте график его ускорения.

4. Два тела, массы которых M и m ($M > m$), подняты на одинаковую высоту над землей и одновременно отпущены. Одновременно ли они приземлятся, если средняя сила сопротивления воздуха для обоих тел одинакова?

5. Почему нагруженный автомобиль на булыжной мостовой движется более плавно, чем такой же автомобиль без груза?

6. Кабина лифта движется с ускорением a . Пассажир, находящийся в ней, роняет книгу. Чему равно ускорение книги относительно лифта, если он движется вверх? вниз?

7. Ускорение ракеты возрастает даже в том случае, когда равнодействующая приложенных к ней сил остается неизменной. Почему?

8. Отчего мы не замечаем движения Земли вокруг Солнца, хотя скорость этого движения равна 30 км/с?

9. Легче ли побить спортивные рекорды на экваторе, нежели в более высоких широтах?

10. С каким минимальным ускорением можно пройти верхнюю точку "мертвой петли"?

11. Какой продолжительности должны быть сутки на Земле, чтобы тела на экваторе не имели веса?

12. Как меняется период маятниковых часов, установленных на космическом корабле, при выводе его на орбиту?

13. Шарик, лежащий на стекле, притягивается магнитом по направлению к его полюсу. Каким будет характер движения шарика? Спротивлением воздуха и трением шарика о стекло можно пренебречь.

14. В атомной физике ядро покоящегося атома водорода считают неподвижным, пренебрегая его ускорением, полученным от взаимодействия с электроном, что не приводит к каким-либо заметным ошибкам при расчете атомных процессов. Какой отсюда следует вывод о массе ядра?

Микроопыт

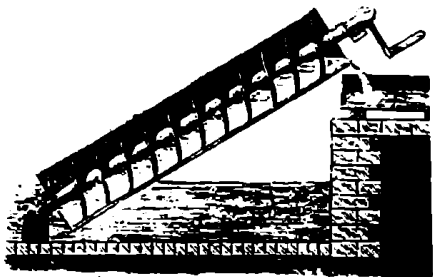
Трогаясь со станции, поезд некоторое время движется практически равноускоренно. Определите ускорение в этот период с помощью нити, гирьки и линейки.

Любопытно, что...

... примером того, какими образом можно сообщить телу центростремительное ускорение, служит эпизод познания двухспудовых игр, описанный в "Золотом тельке" И. Ильфа и Е. Петрова: "Паниковский нес свою долю обеими руками, выпятив живот и радостно пытался... Иногда он никак не мог повернуть за угол, потому что инерция продолжала тащить его вперед. Тогда Балаганов свободной рукой придерживал Паниковского за шиворот и придавал его телу нужное направление".

... именно открытие Галилеи равенства ускорений (в отсутствие воздуха) всех падающих тел положило начало целой серии парадоксов и длительных размышлений ученых на пути построения теории тяготения.

... покоящийся или равномерно движущийся заряд не излучает электромагнитных волн. Излучение возникает лишь при ускоренном его движении, причем с мощностью, пропорциональной квадрату ускорения.



Масса



*Врожденная сила материи...
всегда пропорциональна массе
и если отличается от инерции
массы, то разве только
воззрением на нее.*

ИСААК НЬЮТОН

Самый общий способ измерения массы тел — по их инертности. Однако в физических экспериментах и на практике массу чаще измеряют с помощью весов.

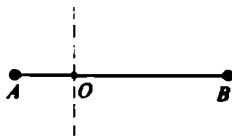
Инертность и весомость в классической физике — разные понятия, тем не менее со времен Галилея и Ньютона установлено, что отвечает за них одна и та же характеристика — масса. Этот замечательный факт — эквивалентность инертной и гравитационной масс — позднее лег в основу общей теории относительности — современной теории структуры "пространства — времени".

Постараемся, пусть на простых примерах, выяснить, как проявляет себя "двуликая" масса.

Вопросы и задачи

1. Из одного куска пластилина вылепили фигурку и ее копию, только в два раза большей высоты. Какова масса копии, если масса оригинала 50 г?

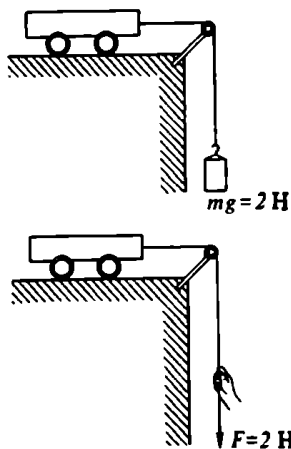
2. Два маленьких шарика A и B , массы которых 9 г и 3 г, соединены нитями с вертикальной осью O и вращаются вокруг нее в горизонтальной плоскости с по-



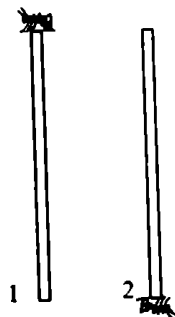
стоянной угловой скоростью. При каком соотношении длин нитей AO и OB их натяжения будут одинаковыми?

3. На доске, лежащей своими концами на опорах, стоит человек. Увеличится или уменьшится прогиб доски в первый момент, если человек внезапно присядет? выпрямится?

4. Почему первая из изображенных на рисунке тележек набирает скорость медленнее, чем вторая, хотя массы тележек одинаковы?



ваясь вертикальными. За время падения оба муравья успевают переползти с одного конца соломинки на другой. Какая соломинка упадет быстрее?



5. Открытый сосуд частично заполнен водой, не смачивающей его стенки. Можно ли в условиях невесомости перелить воду из этого сосуда в другой такой же сосуд?

6. Как сравнить массы двух тел в условиях невесомости?

7. Почему мы часто наблюдаем, как пассажиры, стоящие в вагоне подходящей к станции электрички, наклоняются в момент остановки не вперед – по инерции, а в противоположную сторону?

8. Каким молотком – легким или тяжелым – лучше пользоваться при ковке металла?

9. Отчего при сплаве леса бревна часто выносятся на берег на поворотах реки?

10. Почему не стоит при прополке сорняков выдергивать их из земли рывком?

11. Почему Земля сообщает всем телам одно и то же ускорение независимо от их масс?

12. Две одинаковые соломинки с одинаковыми муравьями падают с одной высоты, все время оста-

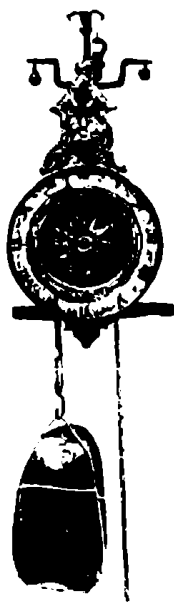
13. Могут ли работать центробежные механизмы – сепараторы, насосы – на искусственном спутнике Земли?

14. За счет поглощения солнечного излучения масса Земли должна была бы непрерывно увеличиваться. Происходит ли это в действительности?

Микроопыт

На лист бумаги поставьте у края стола стакан с водой. Резко дерните лист в горизонтальном направлении. Что произойдет? Почему?





дают основания полагать, что масса нейтрино отлична от нуля.

... полковник Краус фон Циллертут, у которого храбрый солдат Швейк украл пинчера, имел весьма смутное представление об инерции. "Когда весь бензин вышел, — говорил полковник, — автомобиль принужден был остановиться... И после этого еще болтают об инерции, господа!.. Ну, не смешно ли?"

... в современных опытах эквивалентность инертной и гравитационной масс доказана с точностью до 10^{-12} , что в миллиард раз превышает точность описанного еще Ньютоном опыта.

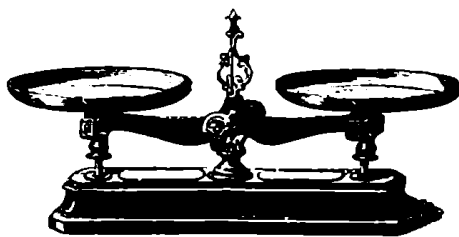
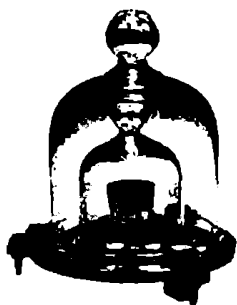
Любопытно, что...

... физическая природа массы до сих пор не выяснена и количественной теории массы еще не создано.

... долгое время считалось, что нейтрино — безмассовая частица. Однако тончайшие эксперименты последних лет

... современные масс-спектрометры измеряют массы атомных ядер с погрешностью порядка одной десятиллионной атомной единицы массы.

... для накопления, хранения и последующего выделения энергии все чаще используются так называемые инерционные аккумуляторы, или, попросту, маховики.





Вся трудность физики состоит, по-видимому, в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления...

ИСААК НЬЮТОН

В приведенном эпиграфе фактически сформулирована основная задача механики. Механика, созданная Ньютоном, была основой почти для всей физики вплоть до конца прошлого столетия, а для большинства областей техники эту роль она сохранила и до сих пор.

Ньютоновская механика базируется на трех знаменитых законах, включающих фундаментальное понятие силы — меры взаимодействия материальных тел.

Предлагая "пообщаться" с этим понятием, подчеркнем, что законы Ньютона не раскрывают происхождения и свойств сил, но позволяют предсказать поведение тел под их действием.

Вопросы и задачи

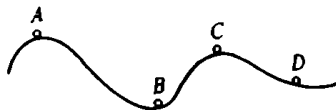
1. Можно ли найти равнодействующую сил тяжести, действующих на осколки разорвавшегося снаряда?

2. В опытах с магдебургскими полушариями с каждой стороны впрягали по 8 лошадей. Изменится ли сила тяги, если одно полушарие прикрепить к стене, а с другой стороны впрячь 16 лошадей?

3. Можно ли натянуть веревку строго горизонтально?

4. С деревянной горки, профиль которой изображен на рисунке, не подсакивая съезжает

тележка. В каком месте надо положить наиболее прочные доски?



5. Что легче: удержать санки на склоне горки или двигать их по нему равномерно вверх?

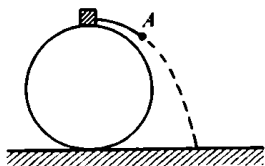
6. Грузовик трогается с места. Какая сила действует на груз, поставленный в середину его кузова? Куда она направлена?

7. Две одинаковые пружины один раз соединили последовательно, другой — параллельно. Покажите на графике, чем отли-



чаются зависимости силы упругости от абсолютного удлинения в этих случаях?

8. Какие силы действуют на тело в точке отрыва A ?



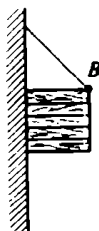
9. Каково направление равнодействующей сил, приложенных к грузу маятника, в моменты, когда он: а) находится в крайних положениях; б) проходит положение равновесия?

10. Два шара, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, лежат на гладкой горизонтальной плоскости. У правого шара масса больше. С одной и той же силой тянут вначале правый шар вправо, затем левый шар - влево. Одинаково ли натяжение нити в двух случаях?

11. Почему не приближаются друг к другу предметы, находящиеся в комнате, хотя они взаимно притягиваются?

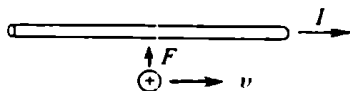
12. Может ли удержаться ящик в положении, показанном на

рисунке, в отсутствие сил трения со стороны стенки?



13. Двигаясь горизонтально с востока на запад, электрон попадает в область магнитного поля и отклоняется вниз. Найдите направление магнитного поля.

14. Электростатическая сила между точечным зарядом и проводом, по которому течет ток, равна нулю. Почему же заряд притягивается к проводу, когда начинает двигаться параллельно ему?



15. Поле плоского воздушного конденсатора имеет напряженность E , а заряд конденсатора равен q . Какая сила действует на каждую из его пластин?

Микроопыт

Забейте два одинаковых гвоздя в сухую и в набухшую доски. Сравните усилия, которые необходимо приложить, чтобы выдернуть гвозди. Различаются ли они? Почему?

Любопытно, что...

... еще Кеплер ввел силу как причину движения тел, однако он ошибочно измерял ее скоростью движения.

... Галилей не различал понятий "сила" и "вес", поэтому установленный им принцип инерции не претендовал на фундаментальный закон природы. Ньютон же поставил закон инерции во главу всей системы механики.

... Декарт предполагал, что существуют только такие силы, которые действуют при столкновениях частиц, — контактные силы.

... первоначально, пока еще не утвердился термин "энергия", для обозначения новой физической величины пользовались словом "сила".

... Герцу удалось построить механику, совершенно не используя понятие силы. Однако формулировка основных положений механики настолько усложнилась, что вся схема Герца в целом не получила признания.

... несмотря на кажущееся обилие и разнообразие существующих в природе сил, можно выделить всего четыре фундаментальных типа взаимодействий — гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное. Поскольку удалось объединить электромагнитное со слабым и, возможно, сильным взаимодействиями, есть надежда на суперобъединение — когда все четыре силы природы сведутся к одной на основе какого-то базового принципа.



Давление



Статые давлением окружающего воздуха, они <чашы> соединялись так прочно, что шестнадцать лошадей либо совсем не могли их разорвать, либо могли это сделать с большими усилиями.

ОТТО ФОН ГЕРИКЕ

Конечно, вы сразу догадались, что в эпитафие речь идет о роли давления в знаменитых опытах с магдебургскими полушариями. Давление — одна из первых величин, с которой мы знакомимся в курсе физики, к которой быстро привыкаем и позже относим ее как бы ко второму ряду — за такими фундаментальными понятиями, как время, длина, масса.

Однако история науки напоминает нам, какую огромную роль сыграло в свое время открытие атмосферного давления. А соответствующие эксперименты Торричелли, Герики, Паскаля вошли в золотой фонд науки, стимулируя новые исследования и формулируя основы современного естествознания.

Но было бы неверно утверждать, что сегодня понятие "давление" представляет лишь исторический интерес. Мы настолько часто сталкиваемся с давлением, оно столь многолико, что "пропитано" самыми разными областями физики и способствовало рождению многих остроумных и непростых вопросов.

Не верите — убедитесь сами.

Вопросы и задачи

1. Отличается ли давление внутри мыльного пузыря от атмосферного?

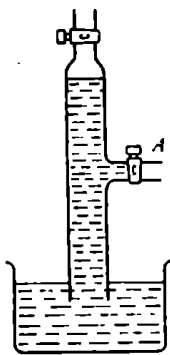
2. На доске лежит кирпич. Один конец доски плавно поднимают. Изменяется ли при этом среднее давление кирпича на доску?

3. Какую форму должен иметь паровой котел, чтобы при задан-

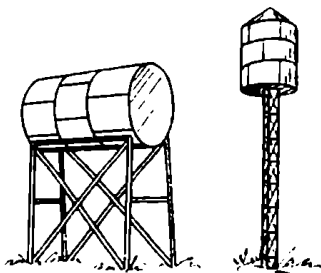
ной толщине стенок прочность котла была наибольшей?

4. В полный куб доверху налита жидкость. Как отличаются друг от друга силы давления на различные грани куба?

5. Из трубки, опущенной одним концом в воду, откачали воздух. При этом вода поднялась в трубке так, как показано на рисунке. Будет ли вытекать вода из крана А, если его открыть?



6. Одинаковое ли давление создают в одной магистрали изображенные на рисунке водонапорные башни? Почему обычно строят более дорогие и громоздкие башни, как на рисунке слева?



7. В море на большой глубине затонула незакупоренная стеклянная бутылка. Увеличится или уменьшится вместимость бутылки под давлением воды?

8. Ртутный барометр, сохраняя вертикальное положение, падает с большой высоты. Что он показывает при этом?

9. К динамометру подвешена тонкостенная трубка ртутного барометра. Что показывает динамометр? Будут ли меняться его показания при изменении атмосферного давления?

10. Как-то одному моряку не удалось закрыть доской неболь-

шое отверстие, через которое врывалась струя воды в трюм корабля. Приятель помог ему прижать доску к отверстию, после чего первому не стоило большого труда одному удерживать доску. Почему?

11. Отчего легкий шарик, помещенный в струю воздуха или воды, вытекающую с большой скоростью из трубки с узким отверстием, свободно парит в этой струе?

12. По трубе с переменным сечением течет вода. В трубу поместили эластичный резиновый мячик. Как изменится его диаметр при прохождении узкой части трубы?

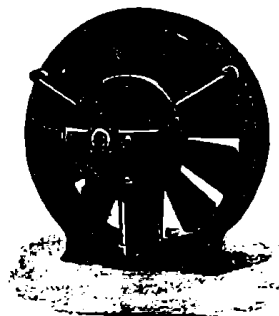
13. Какую роль при питье играет атмосферное давление?

14. Как можно оценить массу земной атмосферы?

15. Как меняется сила светового давления Солнца на какую-либо поверхность с увеличением расстояния от Солнца?

Микроопыт

Попробуйте найти способ вылить воду из бутылки, не наклоняя ее.



Любопытно, что...

... Галилей, первым сделавший оценку плотности воздуха, до конца своих дней, как ни странно, сомневался в существовании атмосферного давления. Доказать это удалось ученику и преемнику Галилея — Торричелли, в результате чего он построил первый в мире барометр.

... Герике рассматривал свои пневматические опыты не просто как занятные наблюдения, а в рамках общих и весьма смелых для XVII века представлений о системе мира. Убеденный сторонник учения Коперника, Герике стремился обосновать гипотезу о множестве обитаемых миров и считал, что свойства пустого пространства независимы от божественного промысла.

... Паскаль, узнав об опытах Торричелли, решил их повторить, используя, правда, вместо ртути воду и... вино.

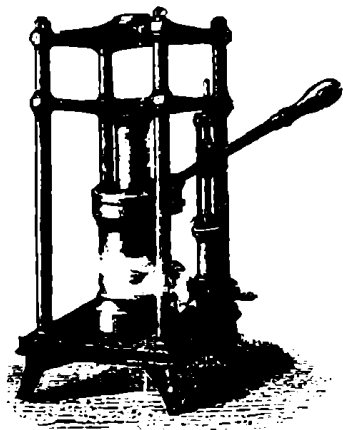
... гидростатический парадокс — независимость давления жидкости на дно сосуда от его формы — был сформулирован Стевином задолго до "открытия" этого парадокса Паскалем. Паскаль не знал мало распространенный голландский язык и Стевина не читал.

... многое в мире живой природы объясняется действием сил давления... Например, присоски у рыб-прилипал или "устройство" копыт жвачных жи-

вотных, позволяющее им не проваливаться в болоте.

... в природе можно наблюдать весь спектр давлений — от предельно малых (вакуум) до сверхбольших (внутри звезд). В лабораторных условиях удается воспроизвести как крайне низкие давления порядка 10^{-10} — 10^{-12} атм, получаемые с помощью вакуумных насосов, так и давления свыше 10^9 атм, используемые, скажем, для получения искусственных алмазов.

... световое давление, наряду с давлением излучения, ограничивает предельный размер звезд, существующих во Вселенной. Астрономические наблюдения подтвердили, что самые "тяжелые" звезды обладают как раз той предельной массой, которую еще допускает теория, учитывающая равновесие сил гравитационного сжатия и светового и газового давлений внутри звезд.



Выталкивающая сила



Тела более легкие, чем жидкость, опущенные в эту жидкость выталкиваются вверх...

Тела более тяжелые, чем жидкость, опущенные в эту жидкость, будут погружаться, пока не дойдут до самого низа...

АРХИМЕД

Герой этой темы — несомненно, Архимед. Древнегреческий ученый, с законом которого вы знакомитесь едва ли не в самом начале изучения физики, заложил научные основы гидростатики. Они были развиты лишь в XVI—XVII столетиях, а окончательную формулировку получили уже в XIX веке. О практическом же применении результатов архимедовых исследований и говорить не приходится, они хорошо вам известны — от кораблестроения до воздухоплавания. Однако наглядность и простота многих задач на закон Архимеда — кажущаяся, порой они требуют серьезных размышлений.

Попробуйте свои силы, не забывая, что надежным помощником вам будет эксперимент — ведь для проведения "водяных и воздушных" опытов столько возможностей!

Вопросы и задачи

1. В сосуде с водой плавает в вертикальном положении брусок. Как изменится уровень воды в сосуде, если брусок перейдет в горизонтальное положение?

2. На крюке динамометра висит ведро. Изменится ли показание динамометра, если ведро наполнить водой и погрузить в воду?

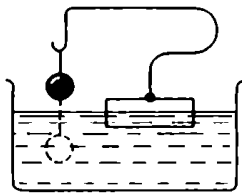
3. Аристотель взвешивал пустой кожаный мешок и тот же мешок, заполненный воздухом. В обоих случаях показания весов

были одинаковы. Почему же заключение Аристотеля о невесомости воздуха неверно?

4. Человек, несший автомобильную камеру, решил облегчить ношу. Для этого он накачал камеру, увеличив ее объем и рассчитывая использовать выталкивающую силу воздуха. Достиг ли он цели?

5. Что тяжелее — тонна дерева или тонна железа?

6. Изменится ли уровень воды в сосуде, изображенном на рисунке, если нить, удерживающую



свинцовый шарик, удлинить так, чтобы шарик полностью погрузился в воду?

7. Стальной шарик плавает в ртути. Изменится ли погружение шарика в ртуть, если сверху долить воды?

8. Чем сильнее загружен плот, тем более быстроходным он становится. Почему?

9. Рыбак для хранения живой рыбы сделал в своей лодке ящик с отверстием в дне лодки. Не потонет ли она, если спустить ее на воду?

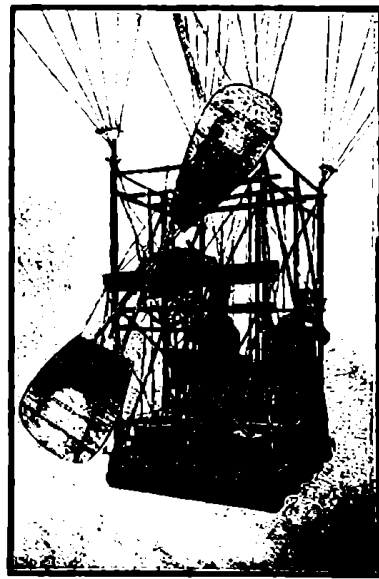
10. В одном из сосудов с водой плавает кусок льда с пузырьком воздуха, в другом – с вмёрзшим стальным шариком. Изменятся ли уровни воды в сосудах, когда лед растает?

11. Одна из бутылок наполнена водой, другая – ртутью. Потонет ли первая бутылка, если ее опустить в воду? Потонет ли вторая, если ее опустить в ртуть?

12. Что произойдет с уровнем воды в бассейне, если из лодки, плавающей в нем, бросить в воду камень?

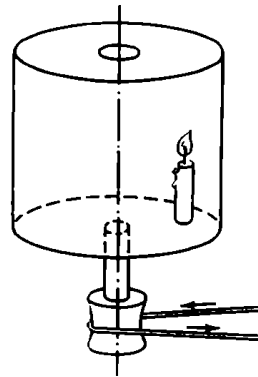
13. Деревянный кубик лежит на дне сухого сосуда. Всплывет ли он, если в сосуд налить воду?

14. В сосуде с водой плавает шар, наполовину погружившись в воду. Изменится ли глубина погружения шара, если этот сосуд



перенести на планету, где сила тяжести в два раза больше, чем на Земле?

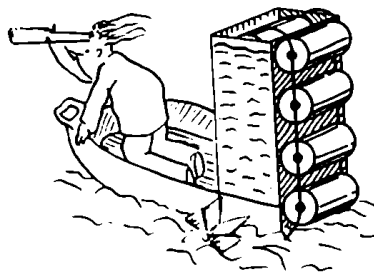
15. Внутри цилиндра, вращающегося с постоянной угловой скоростью, стоит свеча, как показано



на рисунке. Отклоняется ли пламя свечи от вертикали и в какую сторону?

Мифроопыт

Прикрепите к короткому отрезку стеариновой свечи небольшой грузик так, чтобы свеча плавала в воде. Зажгите плавающую свечу и постарайтесь выяснить: погаснет ли пламя, как только сгорит стеарин, выступающий первоначально над водой?



Любопытно, что...

... история, связанная с коронкой 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 устойчивой расстоянии от ее поверхности. Объясняется это меньшей, чем у морской, плотностью пресной воды. На разделе этот вод может оказаться древесина с промежуточной плотностью.

... на закон Архимеда многократно опирались авторы проектов "вечных" двигателей. По-

думайте, кстати, почему не может действовать "двигатель", изображенный на рисунке.

... задачу под номером 12 как-то предложили знаменитым физикам Галову, Опенгеймеру и Блогу, и... все трое ответили неверно.

... до сих пор не обнаружен автор популярной школьной частушки:

После сытного обеда
По закону Архимеда
Полагается поспать...

Хорошо бы узнать, какие физические соображения позволили автору связать выталкивающую силу с послеобеденным сном?



*“Но не заполнено все веществом
и не держится тесно...”*



А так ли хорошо знакомо вам



ОРБИТАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ



ТЯГОТЕНИЕ



КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ



ПОЛЕЗНОЕ ДЕЙСТВИЕ



ЭНЕРГИЯ



МОМЕНТ



ПРОСТЫЕ МАШИНЫ



?

Орбитальное движение



В середине всех этих орбит находится Солнце, ибо может ли прекрасный этот светоч быть помещен в столь великолепной трамине в другом, лучшем месте, откуда он мог бы все освещать собой?

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

От попыток древних отыскать закономерности в движении планет — "блуждающих звезд" — до работ Коперника пролегли века. Фактически трудами Коперника и его последователей был совершен гигантский шаг, определивший все дальнейшее развитие астрономической науки. Безусловно, с той поры человечество неизмеримо обогатило свои возможности — вплоть до изучения устройства Солнечной системы непосредственно с межпланетных аппаратов. Однако современные космические исследования не привели к пересмотру фундаментальных законов движения планет, установленных во времена лишь наблюдательной астрономии. Более того, оказывается, что с их помощью можно справиться с задачами, которые и возникли только с наступлением космической эры.

Вопросы и задачи

1. Когда жители Земли движутся быстрее вокруг Солнца — в полдень или в полночь?

2. Когда Земля быстрее движется по своей орбите вокруг Солнца — зимой или летом?

3. Астрономы установили, что скорости отдельных частей кольца Сатурна не пропорциональны их расстояниям до оси вращения. К какому выводу о структуре кольца должно было привести это открытие?

4. По какой траектории полетит пуля, выпущенная из спутника вперед? назад? в сторону?

5. Может ли планета или спутник двигаться по эллиптической орбите равномерно?

6. Почему нельзя запустить спутник, который бы постоянно вел наблюдения над районом Земли, расположенным на произвольной широте?

7. Можно ли с помощью третьего закона Кеплера сравнить периоды обращения Земли и Луны?

8. Какую траекторию будет описывать спутник, движущийся по круговой орбите с таким же периодом обращения, как и Земля, при наблюдении с Земли? Как должен двигаться спутник, чтобы с Земли он казался неподвижным?

9. Представьте, что на стол, обращаясь по орбите вокруг Солнца, "положили" Землю. С какой силой она будет давить на стол?

10. Какова траектория спутника при его движении в атмосфере?

11. Как изменяется линейная скорость спутника, движущегося по орбите в разреженной атмосфере Земли, из-за сопротивления воздуха?

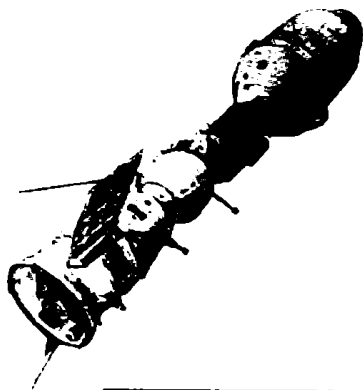
12. Изменяется ли потенциальная энергия тел относительно Земли, если они перемещаются внутри движущегося по круговой орбите спутника?

Мысленный микрофизит

Вообразите себя на месте космонавта, возвращающегося на движущийся вокруг Земли космический корабль с "избытком" скорости. Можно ли набить шишку, стукнувшись о корабль? Ведь дело происходит в невесомости...

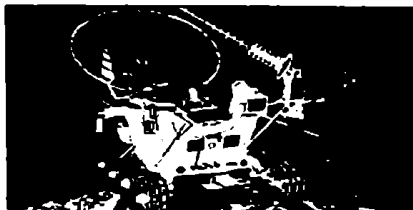
Любопытню, что...

... Марк Твен родился через две недели после появления кометы Галлея в 1835 году, а умер на следующий день после ее максимального сближения с Солнцем в 1910 году. Незадолго до этого Твен в шутку заявил приятелям, что поскольку он родился в год очередного появле-



ния кометы Галлея, то он и умрет сразу после ее следующего возвращения.

... несмотря на свою принципиальную порочность, система мира Птолемея позволяет предсказывать небесные явления с любой степенью точности. С ее помощью, как это ни парадоксально, можно было бы решать и некоторые задачи современной космонавтики, например вычислять видимые на небе траектории космических аппаратов.



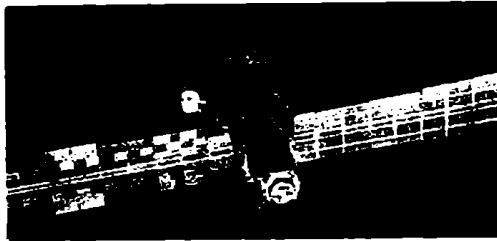


... в последние десятилетия выяснилось, что, помимо Сатурна, кольца обладают Юпитер, Уран и даже... Солнце!

... среди астрономов в последние годы получила распространение гипотеза, что у Солнца есть "напарник", который может обращаться вокруг общего с Солнцем центра масс по весьма вытянутой эллиптической орбите. Это предположение получило поддержку палеонтологов, установивших определенную цикличность вымирания видов животного и растительного мира на Земле. Катастрофы связывают с падением "дождя" комет, вызван-

ного сближением "напарника" с Солнцем. Весь путь по орбите отнимает у солнечного "брата" не менее 26 миллионов лет, причем сейчас он находится на весьма удаленном от нас участке своей траектории, и потому-то его до сих пор никто не обнаружил.

... с точки зрения небесной механики, самыми холодными в северном полушарии должны были бы быть ноябрь, декабрь и январь, а самыми теплыми — май, июнь и июль. В действительности же погода "отстает" на месяц от теории, поскольку оттаивание и нагрев поверхности Земли и земной атмосферы происходят сравнительно медленно.



Тяготение



Я вывел, что силы, удерживающие планеты на их орбитах, должны быть в обратном отношении квадратов их расстояний от центров, вокруг коих они вращаются.

ИСААК НЬЮТОН

Разговор об орбитальном движении естественным образом передает эстафетную палочку "силе, что движет мирами", — тяготению.

Более трех веков назад Ньютон размышлял о том, существует ли общая причина для движения Луны и падения яблока. Тогда это было дерзкой идеей, поскольку вековая мудрость гласила, что небесные тела движутся по своим "совершенным" законам, а земные объекты подчиняются "мирским" правилам. Ньютон предположил, что единые законы справедливы во всей Вселенной.

Открытия Ньютона оказали сильнейшее влияние на дальнейшее развитие науки. Многолетние раздумья ученых над природой гравитации увенчались построением теории, связавшей тяготение, пространство и время, — общей теории относительности.

А теперь обсудим различные проявления тяготения — особенно весомости и невесомости, с которыми приходится сталкиваться как на Земле, так и в космосе.

Вопросы и задачи

1. Человек прыгает со стула, держа в руке тяжелую гирию. С какой силой давит она на руку человека в то время, когда он находится в воздухе?

2. Солнце притягивает Луну почти в два раза сильнее, чем Земля. Почему же Луна — спутник Земли, а не самостоятельная планета?

3. Согласно закону всемирного тяготения, при неограниченном уменьшении расстояния между телами сила их взаимного притяжения должна также неограниченно возрастать, становясь бесконечно большой при нулевом расстоянии. Почему же мы без особого усилия поднимаем одно тело с поверхности другого, встаем со стула и т. д.?

4. В каком направлении и с какой скоростью должен лететь вдоль экватора самолет, чтобы скомпенсировать уменьшение своего веса, обусловленное вращением Земли?

5. Чему равна максимальная скорость тела, падающего в гипотетическую шахту, пробуренную по оси вращения Земного шара? Сопротивление не учитывайте.

6. Как должна быть направлена скорость искусственного спутника планеты, чтобы в нем возникла невесомость?

7. В каком случае и почему космический корабль нагревается из-за трения о воздух сильнее: при его запуске на орбиту или при спуске на Землю?

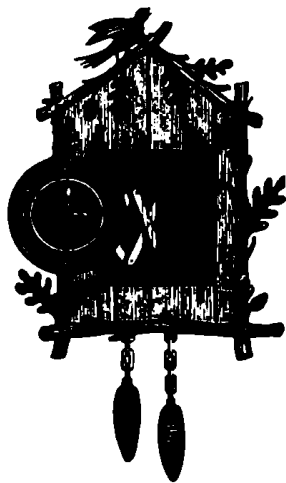
8. Как стала бы двигаться Луна, если бы: а) исчезло тяготение между Луной и Землей; б) прекратилось движение Луны по орбите?

9. Чему равна первая космическая скорость для планеты, масса и радиус которой в три раза больше, чем у Земли?

10. Спутник движется по круговой орбите, радиус которой примерно равен радиусу шарообразной планеты. Какая физическая характеристика планеты определяет период обращения спутника по орбите?

11. Какими часами следует измерять время в космическом корабле в условиях невесомости: маятниковыми, песочными или пружинными?

12. Что должен предпринять командир космического корабля, если пассажиры просят его создать состояние весомости?



13. Угловая скорость вращения гипотетической планеты такова, что в районе экватора тела находятся в состоянии полной невесомости. Что нужно сделать, чтобы сообщить там предмету первую космическую скорость?

14. Справедливы ли в условиях невесомости законы Паскаля и Архимеда?

Микроопыт

Пробейте гвоздем три – четыре отверстия в консервной банке. Закрыв их пальцами, наполните банку водой, затем отпустите ее. Будет ли выливаться вода через отверстия при падении банки?

Любопытню, что...

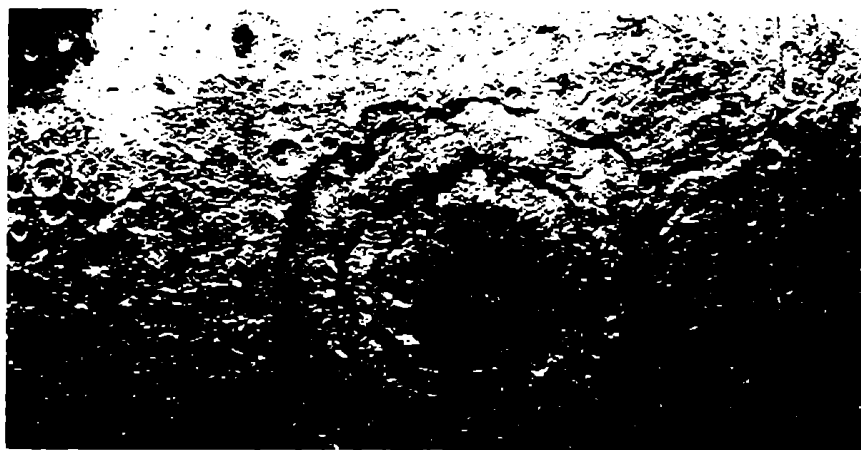
... Кеплер, помимо установления законов движения планет, очень близко подошел к выводу о всеобщем притяжении всех тел в природе. В частности, он полагал, что приливы и отливы в земных океанах объясняются действием Луны.

... путешествия астронавтов на Луну происходили не по эллипсу, а по траектории, имеющей форму "восьмерки" (Земля — Луна — Земля). Чтобы долететь до Луны, космический корабль должен по крайней мере долететь до точки, за которой притяжение Луны преобладает над притяжением Земли. А для достижения этого с наименьшими энергетическими затратами следует при выборе орбиты как можно меньше отодвинуть от линии, соединяющей центры Земли и Луны.

... наблюдая у себя дома по телевизору высадку астронавтов на Луну, преподаватель одного из американских колледжей заметил, что у отскакивающего аппарата, качаясь на чем-то вроде каната, свисая какой-то тяжелый предмет. Посмотрев на часы, преподаватель сумел довольно точно определить ускорение свободного падения на Луне. (Кстати, как он сделал это?)



... современная теория затенения предсказывает искривление лучей света при прохождении вблизи массивных тел. Это предсказание подтверждается, например, многочисленными наблюдениями за прохождением света далеких звезд мимо Солнца (во время полных солнечных затмений).



Количество движения



Я прикидаю, что во Вселенной... есть известное количество движения, которое никогда не увеличивается, не уменьшается и, таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает.

РЕНЕ ДЕКАРТ

Декарт, судя по его высказываниям, понимал под введенным им в XVII веке понятием количества движения (импульса тела) произведение массы тела на величину его скорости. И хотя он совершил ошибку, не рассматривая количество движения как векторную величину, сформулированный им закон сохранения количества движения выдержал с честью проверку временем. В начале XVIII века ошибка была исправлена, и триумфальное шествие этого закона в науке и технике продолжается по сию пору.

Как один из основополагающих законов физики, он дал неоценимое орудие исследования ученым, ставя запрет одним процессам и открывая дорогу другим. Взрыв, реактивное движение, атомные и ядерные превращения — везде превосходно работает этот закон. А в скольких самых обычных ситуациях помогает разобраться понятие импульса, мы надеемся, вы удостоверитесь сами.

Вопросы и задачи

1. Тело массой m брошено с начальной скоростью u_0 под углом α к горизонту. Чему равно приращение модуля импульса тела и модуль приращения импульса за время полета? Сопротивление воздуха можно не учитывать.

2. По изогнутой под прямым углом трубе течет вода. Действует ли вода на трубу? В каком направлении?

3. Мяч, летящий со скоростью u , ударяется в движущийся ему навстречу со скоростью u автомобиль. Какой станет скорость мяча после упругого удара?

4. Можно ли разогнать парусную лодку, направляя на паруса поток воздуха из мощного вентилятора, находящегося в лодке? Что случится, если дуть мимо паруса?

5. Мальчик может бросить ка-

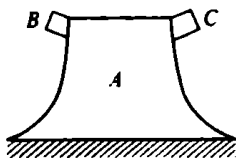
мень с груженой баржи или с легкой надувной резиновой лодки. В каком случае камень полетит дальше?

6. Ракета, залущенная вертикально вверх, взрывается в высшей точке своего подъема. При взрыве образуются три осколка. Докажите, что начальные скорости всех трех осколков лежат в одной плоскости.

7. Когда покоящийся шар приобретает большую скорость от удара другого такого же шара: при упругом или неупругом центральном ударе?

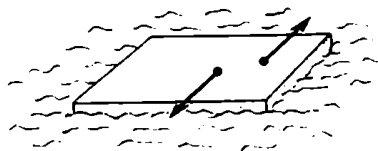
8. В неподвижный шар ударяется не по линии центров другой такой же шар. Под каким углом разлетятся шары, если они абсолютно упругие и абсолютно гладкие?

9. Горка *A* с закрепленными на ней телами *B* и *C* покоится на гладкой горизонтальной поверхности. Сначала с горки соскальзывает тело *B*, затем — тело *C*. В

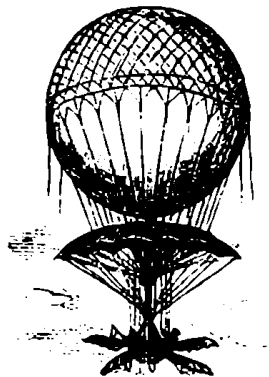


каком направлении в конце концов поедет горка? Массы тел *A*, *B* и *C* одинаковы. Трением при движении всех трех тел можно пренебречь.

10. На поверхности воды плавает деревянная пластинка. К ней



прикладывают две равные горизонтальные антипараллельные силы, не действующие по одной прямой. Как будет вести себя пластинка?



11. В каком направлении станет перемещаться аэростат, если по свисающей с него лестнице начнет подниматься человек с постоянной скоростью относительно лестницы?

12. Однородный стержень нижним концом касается гладкой горизонтальной поверхности. Верхний конец стержня подвешен на нити так, что стержень образует с поверхностью некоторый угол. Нить пережигают. В какую сторону сместится нижний конец стержня, когда он упадет?

13. На абсолютно гладкой горизонтальной плоскости лежит обруч, на котором сидит жук. Какие траектории будут описывать жук и центр обруча, если жук поползет по обручу?

14. Будет ли увеличиваться скорость ракеты, если скорость истечения газа относительно ракеты меньше скорости самой ракеты, т. е. если вытекающий из



сопла ракеты газ летит вслед за ракетой?

15. Можно ли, сидя на стуле и не касаясь пола ногами, проехать через комнату?

Микроопыт

Надуйте резиновый шарик и выпустите его из рук, не завязывая отверстие. Что произойдет при этом? Почему?

Любопытство, что...

... Декарт обосновал принцип сохранения количества движения совершенством Бога, "действующего с величайшим постоянством и неизменностью".

... еще до изобретения паровода существовал проект судна, движущегося на основе реактивного принципа: запас воды на судне предполагалось выбрасывать с помощью сильного нагнетательного насоса в кормовой части, вследствие чего судно

должно было двигаться вперед. Проект этот не был осуществлен, однако он сыграл известную роль в изобретении паровода.

... при неизменной скорости истечения газов из сопла ширины в скорости (при той же массе горючего) получается при использовании многоступенчатых ракет, когда отбрасываются баки, трубопроводы и двигатели отработавших ступеней. Однако до сих пор не существует оптимальной конструкции, где бы ненужная масса ракеты отбрасывалась непрерывно.

... закон сохранения импульса позволяет "разыскивать" невидимые объекты, например электромагнитные волны, излучаемые открытыми колебательными контурами, или антинейтрито — субатомные частицы, не оставляющие следов в детекторах.



Полезное действие



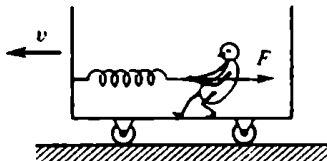
Мы употребляем здесь выражение "движущая сила", чтобы обозначить полезное действие, которое может дать двигатель.

САДИ КАРНО

Бурная техническая деятельность человека, особенно последние три столетия, побуждала его все чаще задумываться над тем, как бы заставить создаваемые им устройства "поменьше тратить, да побольше производить". Множество бесплодных попыток было совершено, прежде чем наука установила границы произвольному изобретательству и указала пути совершенствования машин и двигателей. Для этого потребовалось основательно разобраться с такими понятиями, как работа, мощность, КПД. Прочно заняв достойное место в арсенале ученых и инженеров, эти понятия демонстрируют удивительную универсальность. С какими бы процессами ни приходилось иметь дело — механическими, тепловыми, электромагнитными, — можно быть уверенным, что они не подведут.

Вопросы и задачи

1. Будет ли совершена механическая работа над грузом, который равномерно переносят по горизонтальной прямой?



2. В вагоне равномерно движущегося поезда стоит человек, растягивающий пружину с силой F ,

как показано на рисунке. Поезд прошел путь L . Какую работу совершил человек в системе отсчета, связанной с землей?

3. Может ли механическую работу совершить сила трения покоя?

4. На скоростных автомобилях ставят двигатели значительно большей мощности, чем на обычных. Почему?

5. Сопротивление воздуха и воды при движении корабля возрастает пропорционально квадрату его скорости. Во сколько раз па-

дает нужная кораблю мощность при уменьшении его скорости в 3 раза?

6. Ракета с работающим двигателем "зависла" над поверхностью Земли. На что расходуется мощность ее двигателя?

7. Изменится ли мощность, развиваемая двигателями эскалатора, если пассажир, стоящий на движущейся вверх лестнице, станет подниматься по эскалатору с постоянной скоростью?

8. Как должна измениться мощность насоса, чтобы он в единицу времени стал перегонять через узкое отверстие вдвое большее количество воды?

9. Для подъема грузов применяется как наклонная плоскость, так и наклонный транспортер — лента, движущаяся по роликам. Какое из этих устройств имеет больший КПД?

10. Будет ли работать гидравлический пресс, если его цилиндр заполнить не жидкостью, а газом?

11. Температура атмосферного воздуха, играющего для автомобиля роль холодильника, зимой заметно ниже, чем летом. Ведет ли это к увеличению КПД двигателя зимой?

12. Что является нагревателем и что — холодильником в ракетном двигателе?

13. Работа, совершаемая газом при адиабатическом расширении, меньше, чем при таком же изотермическом расширении. Чем же объяснить широкое распространение двигателей с адиабатическим расширением?

14. Два потребителя подключаются к электрической батарее:

один раз последовательно, другой — параллельно. В каком случае КПД будет больше?

15. Может ли КПД аккумулятора равняться единице?

Микроопыт

Понаблюдайте за включенной длительное время в сеть электроплиткой. Почему, несмотря на непрерывный расход электроэнергии, температура спирали не повышается безгранично?

Любопытно, что...

... После принадлежит пусть не очень научное, но практическое определение: "Механическая работа — это то, что оплачивается деньгами".

... когда человек пытается только поддерживать неизменной силу при равном нулю перемещении, его мышцы испытывают постоянные сокращения и расслабления, приводящие к микроскопическим движениям. Поэтому-то мышцам и приходится совершать немалую работу в полном соответствии с ее определением.

... действие машин стало характеризоваться мощностью со времен Джеймса Уатта. Но до сих пор в инженерных кругах применяется введенная им единица мощности — "лошадиная сила", определенная как средняя



работа за одну секунду, которую могла совершить сильная английская лошадь, равномерно работающая целый день.

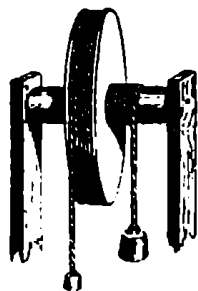
... правильной оценке производительности паровых машин в начале XIX века мешало отсутствие ясных понятий работы и мощности. Создатели машин обходили это затруднение, составляя для них индивидуальные критерии экономичности, что вносило немалую путаницу, оказывающуюся на руку сторонникам вечного движения.

... КПД возможной тепловой машины, использующей разность температур поверхностных и глубинных вод океана, не превысила бы нескольких процентов.

... мощность, развиваемая при толчке жука-щелкуна, лежащего на спинке, примерно в сто раз больше мощности, которую может обеспечить какая-либо одна из его мышц.

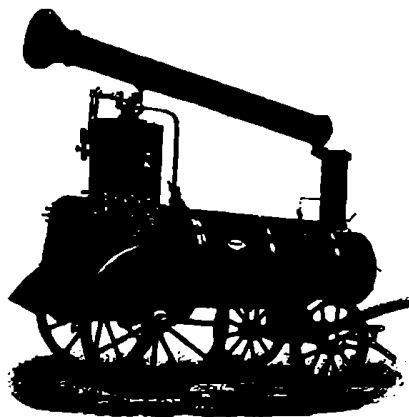
... большая мощность отнюдь не означает большую силу тяги. Например, в проектируемых фотонных ракетах сила тяги предполагается равной лишь нескольким десяткам или сотням ньютонов — такая ракета даже не сможет самостоятельно стартовать с Земли.

... чрезвычайно заманчива возможность получать электроэнергию непосредственно из химической энергии топлива и окислителя без сгорания. При этом длинная цепочка энергетических переходов заменяется одним процессом в одном уст-



ройстве — электрохимическом генераторе электроэнергии (ЭХГ), могущем иметь очень высокий КПД.

... сжигая в двигателе автомобиля миллиграмм бензина, мы высвобождаем примерно 40 джоулей тепловой энергии, из которых только малая доля переходит в кинетическую энергию машины. Миллиграмм же сахара сообщает организму человека около тех же 40 джоулей энергии, но используемых значительно эффективнее для поддержания температуры тела и другой жизнедеятельности.



Энергия



Заключается ли наш труд в создании науки путем связывания воедино уже известных фактов или в поисках объяснений непонятных явлений путем постановки ряда опытов — принцип сохранения энергии остается надежным руководителем.

ДЖЕЙМС КЛЕРК МАКСВЕЛЛ

История развития понятия энергии и практического применения различных видов энергии тесно переплетена с историей всей физики и с биографиями многих выдающихся ученых. Чтобы перекинуть "энергетический" мостик между самыми различными явлениями, потребовались многолетние усилия мысли и кропотливые эксперименты. Итогом было установление одного из фундаментальнейших законов природы — закона сохранения энергии.

Предлагаем вам поразмышлять над этим важным понятием, а также попробовать свои силы в умелом обращении с ним.

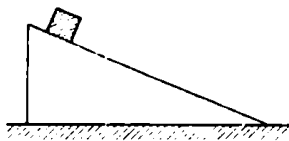
Вопросы и задачи

1. Когда расходуется больше энергии — при запуске спутника вдоль меридиана или вдоль экватора?

2. Лыжник скатывается с горки (не отталкиваясь палками) до полной остановки. Вернуться к месту старта он может двумя способами: в кресле канатного подъемника или же стоя на лыжах и пользуясь подъемником как буксиром. Каково соотношение между затратами энергии на подъем лыжника в двух случаях? Трение в блоках подъемника отсутствует.

3. Тяжелое тело соскальзывает без трения с вершины трехгран-

ной призмы, лежащей на горизонтальной плоскости и способной двигаться по ней без трения. В первом случае призма закреплена



неподвижно, во втором — свободно. Будет ли скорость тела в конце соскальзывания с призмы одинакова в обоих случаях?

4. Гитару вынесли на мороз. Ее струны натянулись сильнее, значит, увеличилась их упругая энергия. За счет чего произошло это увеличение?

5. Одну и ту же порцию горючего сжигают в примусе на уровне моря и в Гималаях – на высоте около 8000 метров. Когда выделится больше тепла?

6. Что вносит больший вклад в энергию вылетающей стрелы: корпус лука или тетива?

7. За счет какой энергии поднимаются вверх стратостаты и шары-зонды?

8. Звук, издаваемый камертоном, слаб. Однако камертон, закрепленный на резонаторе, звучит несравненно громче. Откуда же берется "лишняя" энергия?

9. Если охлаждать чугунную сферу, полностью залитую водой и закупоренную, ниже 0°C , вода разорвет ее. Где источник энергии, необходимой для разрыва?

10. Перед тем как взлететь, ночная бабочка довольно долго подрагивает крылышками.. Зачем?

11. Колебания стрелки магнитоэлектрического прибора быстро затухают, если его клеммы замк-

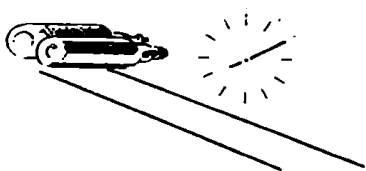
нуты. Куда девается энергия колебаний?

12. Маленький железный предмет подпрыгивает, если к нему поднести сверху магнит. Сколько бы мы ни проводили этот опыт, сила магнита не ослабевает и он вновь и вновь совершает работу. Не противоречит ли это закону сохранения энергии?

13. Наэлектризованный воздушный шарик раздувают так, что заряд на нем сохраняется. Меняется ли при этом его электрическая энергия? Легче или труднее раздувать шарик в присутствии заряда?

Мыслеопыт

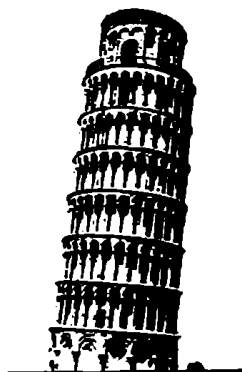
Заполните одну бутылку водой, а другую такую же – песком.

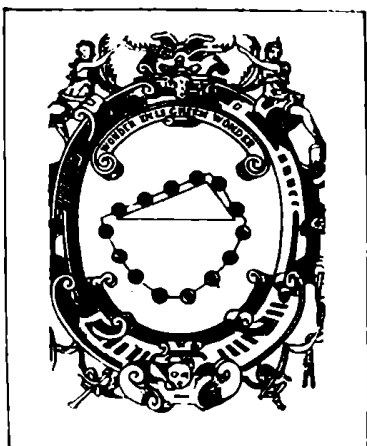


Дайте им скатиться с наклонной плоскости без проскальзывания. Какая из бутылок скатится быстрее? Почему?

Любопытю, что...

... впервые понятие энергии появилось еще у Аристотеля как обозначение некоего деятельного начала; но тогда оно имело чисто философское значение, лишенное каких-либо количественных оценок.





... в первом издании Британской энциклопедии, вышедшем в семидесятих годах XVIII века, вся статья под заголовком "Энергия" занимала буквально несколько строк: "Энергия, слово греческого происхождения, означает могущество, достоинство или действительность чего-либо. Его используют также в переносном смысле для обозначения выразительности речи".

... первый шаг к широкому использованию термина "энергия" в физике сделал Юнг (см., например, его "Лекции по естественной философии").

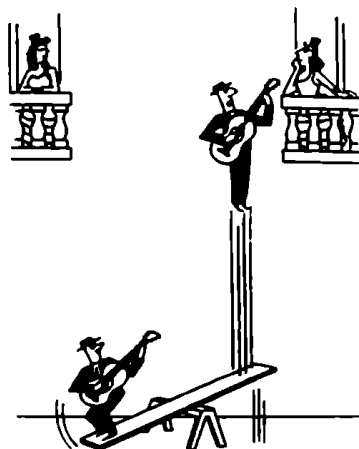
... первый известный документ об "осуществлении" идеи

вечного двигателя относится еще к XII веку.

... Парижская Академия наук еще в 1775 году приняла официальное постановление о том, что она "не будет рассматривать никакой машины, дающей вечное движение".

... если энергию, производимую при разговоре 100 000 человек, превратить без потерь в электрическую, то ее едва хватит для того, чтобы поддерживать горение лампочки карманного фонарика.

... энергия, производимая за 3 часа работы электростанции на Ниагарском водопаде, может быть освобождена при делении лишь 1 моля (235 г) урана.



Момент



*... работа, которую мы
проделали, равна углу, на
который было повернуто тело,
умноженному на какую-то
странную комбинацию сил и
расстояний. Эта "странная
комбинация" и есть момент.*

РИЧАРД ФЕЙНМАН

Конечно же, выдающийся физик XX века не вводил таким странным образом понятие момента силы. Этот термин, в близком к современному пониманию, был введен в науку еще в XVI веке. Тогда же было сформулировано и условие равновесия рычага в виде равенства моментов.

Однако понятие момента в физике значительно шире, чем только момент силы. Не менее важны и момент инерции, характеризующий распределение масс в теле и служащий мерой его инертности при вращении, и момент импульса, закон сохранения которого — того же ранга, что и законы сохранения импульса и энергии.

В дальнейшем, если продолжите изучение физики, вы познакомитесь также со спиновым и магнитным моментами элементарных частиц, с моментами импульса атомных ядер, атомов и молекул, и даже с моментами инерции и импульса планетных систем, звезд и звездных скоплений. Без этих понятий невозможно представить современное состояние науки.

А пока — займемся более наглядными, но отнюдь не простыми "моментами".

Вопросы и задачи

1. Отчего присохшую пробку с резьбой легче отвернуть, если плотно обмотать ее несколькими слоями ткани?

2. Длинный стержень легче удерживать в горизонтальном положении за середину, чем за конец. Почему?

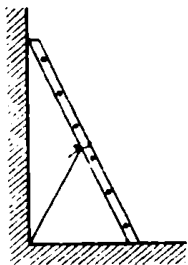
3. Что труднее переломить — целую спичку или ее половинку?

4. Как легче сдвинуть с места нагруженную телегу: прилагая силу к корпусу телеги или к верхней части обода колеса?

5. Для уменьшения трения концы осей зубчатых колес в часах стремятся делать возможно

тоньше. Не противоречит ли это известному факту, что трение практически не зависит от величины соприкасающихся поверхностей?

6. Лестница, центр тяжести которой находится посередине, опирается на абсолютно гладкие пол и стену. Какой должна быть



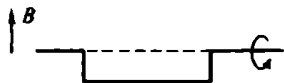
сила натяжения веревки, привязанной к середине лестницы, чтобы удержать ее от падения?

7. Почему мяч не остается в покое на наклонной плоскости?

8. Кирпич лежит на наклонной плоскости, прилегая к ней всем основанием. Какая половина кирпича — верхняя или нижняя — с большей силой давит на наклонную плоскость?

9. Почему конькобежцы, разгоняясь, размахивают руками?

10. Провод, согнутый в виде рамки, как показано на рисунке,



и могущий вращаться вокруг горизонтальной оси, расположен в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Что произойдет с проводом, если по нему пропустить ток?

11. Почему прямоугольный проволочный виток с током в магнитном поле стремится установиться так, чтобы плоскость витка была перпендикулярна полю?

12. На некоторых гоночных автомобилях двигатель стоит не спереди и не сзади, а посередине. Какое преимущество имеет такое расположение?

13. Почему, прижимая руки к телу, фигуристка на льду вращается быстрее?

14. Два полых шара, имеющих одинаковые массы и объемы, покрашены одинаковой краской. Один шар изготовлен из алюминия, другой — из меди. Как, не царапая краску, узнать, какой шар алюминиевый, а какой медный?

15. Медный обруч вращается вокруг оси, проходящей через его центр тяжести. Изменится ли его угловая скорость, если повысится температура?

Микроопыт

Свяжите книгу резинкой, чтобы она не раскрывалась. Подбросьте ее несколько раз вверх так, чтобы она вращалась последовательно вокруг различных осей. Что вы наблюдаете? Почему?



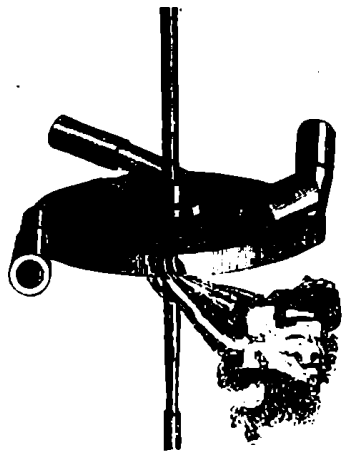
Любопытно, что...

... представление о моменте силы имел, по-видимому, еще Архимед, о чем свидетельствует его труд под названием "Метод", обнаруженный, правда, лишь в 1906 году. Свою лепту в развитие этого понятия внес и Леонардо да Винчи, что подтверждают его рукописи.

...у неопытного гребца двухвесельная лодка чаще всего движется по дуге, уклоняясь преимущественно вправо (по ходу лодки) из-за того, что правая рука обычно сильнее левой и создает больший момент силы.

... кошка, брошенная вверх ногами, способна приземлиться на лапы, хотя ее момент импульса и остается постоянным во время падения. (Кстати, как ей это удается?)

... забавы с игрушками могут повлечь серьезные исследования. Например, известные ученые Клейн и Зомерфельд посвятили целых четыре тома только движению волчков. Полученные, в том числе и с помощью закона сохранения момента импульса, или результаты объясняют движения таких тел, как широкос или Земля.



... геометрическое следствие закона сохранения момента импульса было установлено по наблюдениям еще в 1609 году Кеплером и сформулировано им в одном из трех знаменитых законов движения планет: радиус-вектор, проведенный из Солнца к планете, "заметает" равные площади за равные времена.

... даже световые частицы — фотоны — обладают моментом импульса, причем одинаковым для всех. Это удалось показать экспериментально, когда вращение диска было вызвано поляризованным светом, падающим вдоль его оси.

Простые машины

Архимед пустил в ход свои машины. Сухопутная армия была поражена градом метательных снарядов и громадных камней, бросаемых с великой стремительностью. Ничто не могло противостоять их удару...

ПЛУТАРХ

Достаточно присмотреться ко многим окружающим нас инструментам и приспособлениям — плоскогубцам и щипцам для колки орехов, тачке и вороту, кусачкам и обыкновенному винтику, — как обнаруживается, что в основе их устройства лежат всего два типа так называемых простых машин: рычаг и наклонная плоскость. Их разновидности и комбинации известны с древних времен.

С тех пор простые машины, конечно, претерпели существенные изменения, но и по сегодняшний день не потеряли своего значения в технике, строительстве и военном деле. В основе их работы, как и прежде, лежат условия равновесия, и в том числе — знаменитое "золотое правило механики".

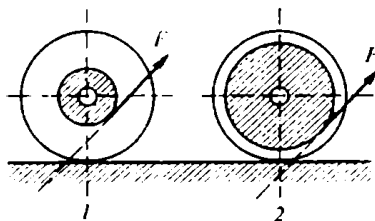
Вопросы и задачи

1. При каком способе подвешивания качелей веревки будут испытывать меньшее натяжение?



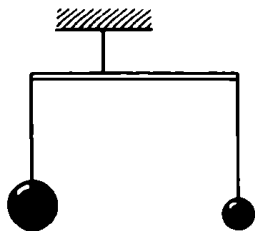
2. Два мальчика стоят на противоположных сторонах канавы с водой. У каждого из них — доска, длина которой немного меньше ширины канавы. Как им с помощью досок перебраться через канаву?

3. В какую сторону будут двигаться катушки, изображенные на рисунке, под действием небольшой силы F ?

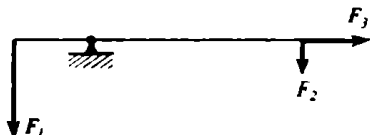


4. В каком месте вы будете толкать тяжелую дверь, собираясь ее открыть: вблизи петель или около ручки?

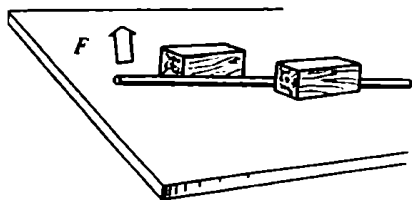
5. На невесомом рычаге уравновешены стальные шары. Нарушится ли равновесие, если шары погрузить в воду?



6. Рычаг уравновешен, как показано на рисунке, силами F_1 и F_2 . Нарушит ли равновесие сила F_3 ?



7. Бруски пытаются сдвинуть с места рычагом. Какой из брусков сдвинется первым, если они совершенно одинаковы?

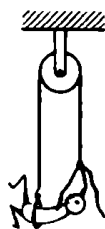


8. Приведите пример уравновешенного двумя силами рычага, причем точка приложения большей силы должна отстоять от точки опоры рычага дальше, чем точка приложения меньшей силы.

9. Как надо соединить подвижные и неподвижные блоки, используя минимальное их число, чтобы получить выигрыш в силе в

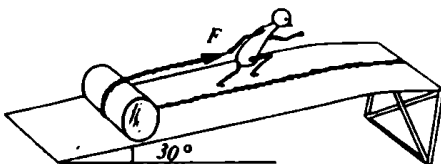
3 раза? Трением и массой блоков можно пренебречь.

10. Мальчик подтягивается вверх, используя неподвижный блок. Выигрывает ли он при этом в силе?

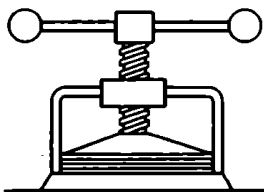


11. В каком случае бочка, вкатываемая по наклонным брускам, будет производить на них большее давление на одной и той же высоте: когда они более длинные или более короткие?

12. По наклонной плоскости при помощи веревки поднимают бочку, как указано на рисунке. Какой выигрыш в силе получают при таком подъеме?



13. Для чего в копировальных прессах к рычагу, поворачивающему винт, приделывают массивные наконечники?



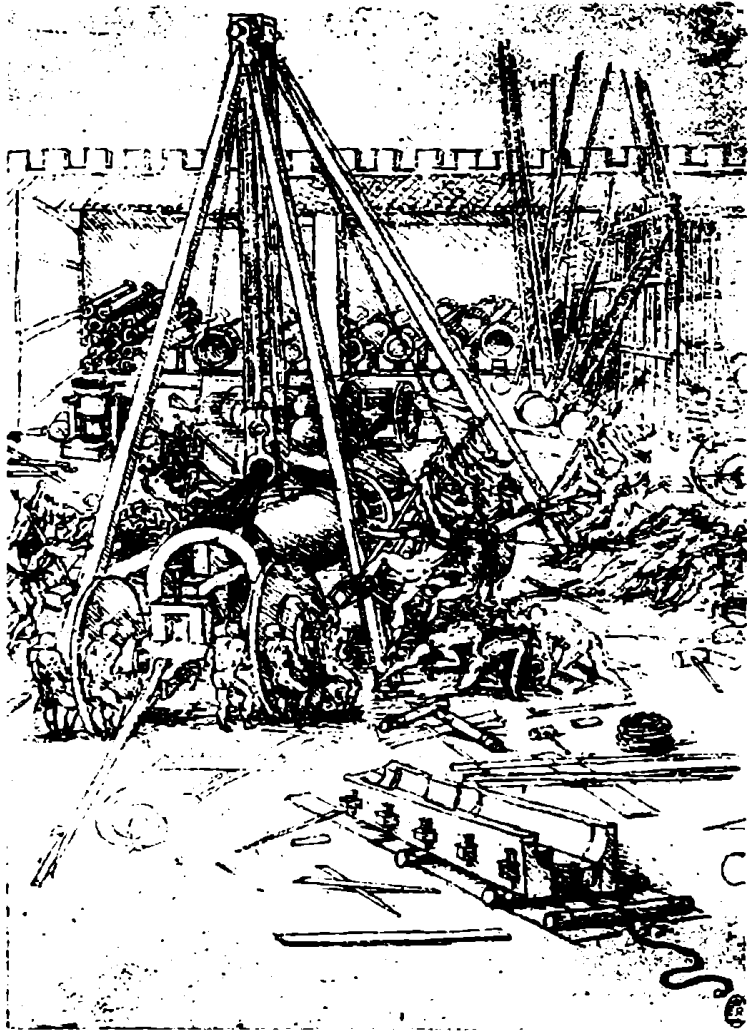
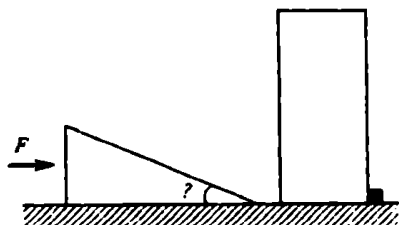
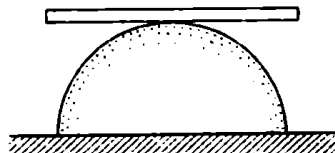


Рисунок Леонардо да Винчи.

14. Каким должен быть угол в основании клина, чтобы с его помощью можно было опрокинуть стоящий груз?



15. На поверхности полусферы лежит линейка, толщина которой меньше радиуса полусферы. Устойчиво ли равновесие?



Микроопыт

Полоску из жести уравновесьте на острие карандаша. Проверьте, нарушится ли равновесие, если согнуть один из концов полоски.

Любопытно, что...

... основными конструктивными элементами античных машин были рычаг, клин, наклонная плоскость, колесо и блок. Более древние египетские механики знали только рычаг, клин и полиспаст. А вот вопрос об использовании наклонной плоскости при строительстве

стве пирамид в третьем тысячелетии до н. э. до конца еще не выяснен.

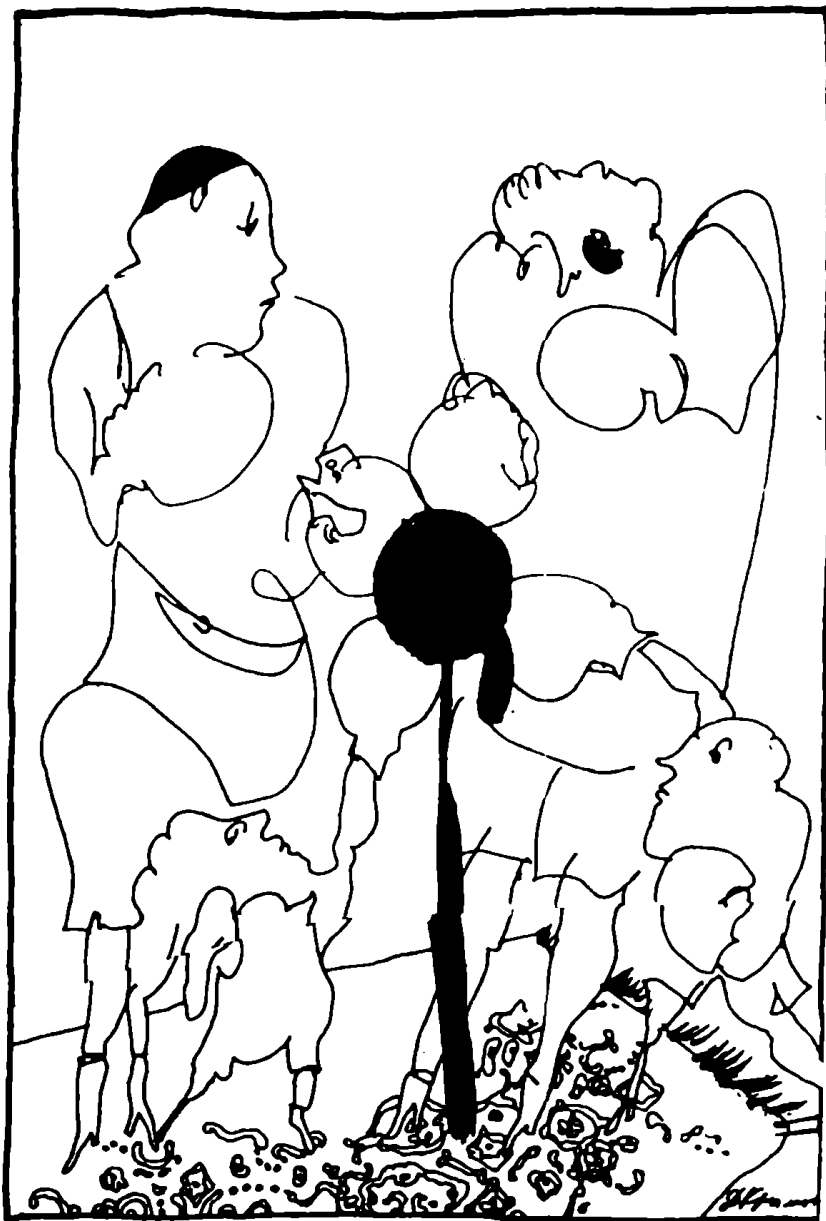
... условие равновесия рычага встречается в приписываемых Аристотелю "Проблемах", но там оно изложено весьма неясно. Архимед же выводит его из постулатов, полученных из непосредственных опытов с рычагами.

... поибший, согласно преданию, от руки римского солдата при взятии Сиракуз, Архимед вошел в историю как один из первых ученых, работавших на войну, и как первая жертва войны среди людей науки.

... если бы Архимед знал, как огромна масса Земного шара, то он, вероятно, воздержался бы от приписываемого ему легендарной восклицания: "Дайте мне точку опоры, и я подниму Землю!". Ведь для перемещения Земли с помощью воображаемого рычага на 1 см руке Архимеда пришлось бы проделать путь в 10^{18} км!

... способ крепления мускулов в теле человека и животных обеспечивает конечностям быстроту движений, что более важно, чем сила. В этом провозглается "золотое правило механики": что теряется в силе, выигрывается в перемещении. Правило можно легко проследить, наблюдая за рычагом, образующимся согнутой в локте рукой при подъеме кистичей, или

“Тела основные мнутся в вечном движеньи...”



А так ли хорошо знакомо вам



НАСКОЛЬКО МАЛЫ МОЛЕКУЛЫ



КАК ДВИЖУТСЯ МОЛЕКУЛЫ



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ



ТЕМПЕРАТУРА



ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ



ТЕРМОДИНАМИКА



ИСПАРЕНИЕ, КИПЕНИЕ, ПЛАВЛЕНИЕ



ПАРЫ



ОПЫТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ



?

Насколько малы молекулы



*... вследствие малости
частичек вещества движение
скрывается от взора.*

МИХАИЛ ЛОМОНОСОВ

Вот несколько штрихов к обобщенному портрету молекул.

Они так малы, что если бы у каждого человека на Земном шаре потребовалось по миллиарду молекул, то набралось бы всего несколько миллиардных долей грамма...

Их так много, что если вылить в Мировой океан стакан воды с "помеченными" молекулами, то через длительное время в том же стакане с зачерпнутой из океана водой окажется не менее 200 "меченых"...

Им так "тесно", что при обычных условиях каждая молекула газа испытывает до 10 миллиардов столкновений в секунду со своими соседями...

Они так быстры, что молекула газа поднялась бы, не сталкиваясь, на высоту около 5 километров, прежде чем сила тяжести остановила бы ее...

Однако, несмотря на такую малость и юркость, молекулы часто "выдают" себя. Попробуйте убедиться в этом сами.

Вопросы и задачи

1. Почему объем раствора спирта в воде меньше объемов воды и спирта, взятых по отдельности?

2. Отчего сильно надутый и плотно завязанный резиновый шарик окажется через несколько дней сдутым?

3. Если по микропористой трубе, окруженной герметическим резервуаром, из которого откачан

воздух, пропускать смесь газов, то в резервуаре будет накапливаться газ с большим, чем в трубе, относительным содержанием легких молекул. Как это объяснить?

4. Водород имеет три изотопа с массовыми числами 1, 2 и 3. Ионы какого изотопа медленнее других продвигаются к катоду при электролизе воды?

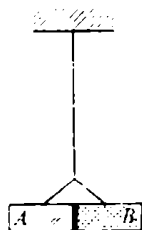
5. Чтобы приварить один кусок железа к другому, нагревают оба

куса добела в пламени горна, наслаивают один на другой на наковальне и обрабатывают сильными ударами кузнечного молота. Почему в этом случае получается прочное соединение?



6. Можно ли по методу Штерна определить скорость одной молекулы?

7. Стекланную пластинку покрывают с одной стороны (В) слоем меди и подвешивают на нити, как показано на рисунке. В воздухе пластинка неподвижна, а в хлоре поворачивается на некоторый угол омедненной стороной



вперед. Объясните явление, учитывая, что молекулы хлора медью поглощаются, а стеклом отражаются.

8. В каких слоях атмосферы воздух ближе к идеальному газу: у поверхности Земли или на больших высотах?

9. На равноплечих весах установлены два одинаковых сосуда. Один заполнен сухим воздухом, другой – влажным, имеющим такие же давление и температуру, что и сухой. Какой из этих сосудов тяжелее?

10. Какой физический процесс является общей основой действия счетчика Гейгера и камеры Вильсона?

11. Магнитное поле в камере Вильсона – Скобелыцына однородно. Почему же трек частицы

имеет в ней неокругленную (постепенно уменьшающийся) радиус кривизны?

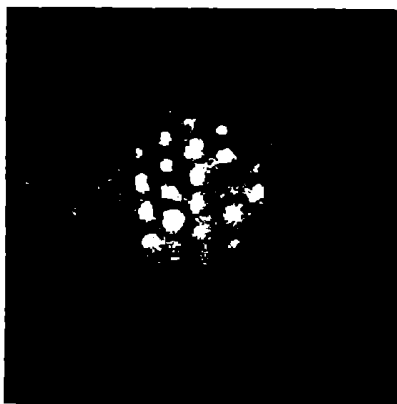
12. Всегда ли верно предположение, что собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с тем объемом, в котором они находятся?

Микрофизик

Доведите воду в чайнике до кипения и выключите газовую горелку. Почему из чайника сразу же вырывается сильная струя пара, хотя до этого пара не было видно?

Любопытнo, что...

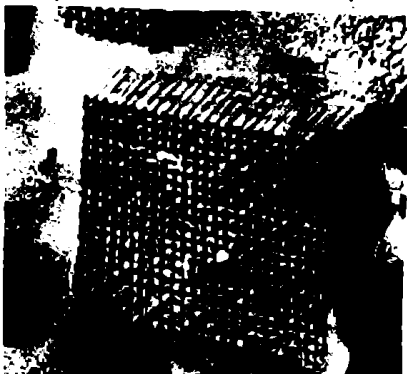
... молекулы, конечно же, очень малы, но, скажем, воздух в вашей комнате весит примерно столько же, сколько и вы сами.



... "молекулами", т. е. "массочками" (от латинского *massa* — масса) назвала группы атомов французский ученый Пьер Гассенди. Развивая учение древних атомистов, он, правда, считал, что имеются особые атомы для тепла, холода, вкуса и запаха. Однако по современным теориям восприятия запаха полагают, что его характер действительно связан с размерами и формой молекул. Так, общей особенностью веществ с камфарным запахом является шарообразная форма их молекул с диаметром $7 \cdot 10^{-8}$ см. А для восприятия молекулы каждого типа в клетках обонятельного эпителия существуют углубления соответствующей размер и формы.

... Перрен, изучая строение мыльных пленок, показал, что наименьшая их толщина равна двум молекулярным слоям и любая пленка состоит из целого числа бимолекулярных слоев.

... наименьшие частицы, наблюдаемые в оптический микроскоп, имеют размеры в несколько десятков микрон, т. е. содержат около 10 миллиардов



атомов. А использование приборов, основанных на новейших физических методах исследования, делает доступными "наблюдение" и отдельных атомов.

... для изучения строения молекул сегодня применяется целый арсенал современных физических методов — рентгено-, электро- и нейтронография, молекулярная спектроскопия и т. п. Благодаря им выяснилось, что атомы в молекулах располагаются как линейно, так и в форме разнообразных геометрических фигур, например треугольника, пирамиды или тетраэдра.

... с сегодняшней точки зрения, в таких веществах, как металлы или сплавы, а также в ионных и атомных кристаллах молекул, как таковых, не существует.

... в долине реки Теннесси (США) воздвигнут инертный завод по разделению изотопов, работающий по такому принципу. Два урановых газа (с атомной массой 238 и 235) непрерывно циркулируют через пористые камеры, в которых более легкий газ диффундирует быстрее, в результате чего газовая смесь постоянно обогащается легким изотопом урана.

... в газо-пылевых облаках разреженной межзвездной среды были обнаружены не только сравнительно простые молекулы, например воды и аммиака, но и сложные органические соединения. "Выдали" их спектральные линии испускания или поглощения в диапазоне радиочастот.

Как движутся молекулы



Движение молекул ускользает от нашего непосредственного восприятия, как легкая зыбь на поверхности моря для наблюдателя, находящегося на очень далеком расстоянии.

ЖАН ПЕРРЕН

Свое начало молекулярно-кинетическая теория вещества берет в глубокой древности — с атомистической гипотезы. Пройдя долгий и тернистый путь, эта теория приобрела законченный вид в конце XIX — начале XX века благодаря трудам выдающихся ученых — Клаузиуса, Максвелла, Больцмана, Эйнштейна, Френкеля. Микроскопический, или молекулярный, подход оказался особенно эффективным в исследовании тепловых явлений и процессов.

Здесь же мы поговорим, главным образом, о движении молекул.

Вопросы и задачи

1. Можно ли утверждать, что броуновское движение есть тепловое движение молекул?

2. Как объяснить явление, выражаемое словами "дым тает в воздухе"?

3. Почему сливки на молоке отстаиваются быстрее в холодном помещении?

4. Отчего броуновское движение не наблюдается для чаинок в стакане?

5. Почему в горячей воде сахар растворяется быстрее, чем в холодной?

6. Скорости теплового движения многих молекул при комнатной температуре близки к скорости пули. Почему же запах духов требуется заметное время, чтобы распространиться по комнате?

7. Почему шар, выточенный из сырого дерева и покрытый лаком, сохраняется целым, в то время как точно такой же шар, не покрытый лаком, растрескивается?

8. На высоте нескольких сотен километров над Землей молекулы атмосферы обладают скоростями, которым соответствуют температуры в несколько тысяч градусов. Почему же не плавают летающие

на таких высотах искусственные спутники Земли?

9. Почему у Луны нет атмосферы?

10. Отчего трудно отвинтить гайку, долгое время находившуюся в туго завинченном состоянии, несмотря на то, что болт и гайка сделаны из нержавеющей металла?

11. Как изменилось бы давление в закрытом сосуде с реальным газом, если бы внезапно исчезли силы притяжения между его молекулами?

12. В каких типах движения могут участвовать молекулы?

13. В условиях невесомости отсутствует конвекция воздуха, необходимая для поддержания горения. Однако и в этом случае свеча или спичка будут какое-то время гореть — слабым пламенем шарообразной формы. Почему?

Микроопыт

Заметьте, что о ремонте дороги вы часто узнаете задолго до того,



как увидите место ремонта. Каким образом?

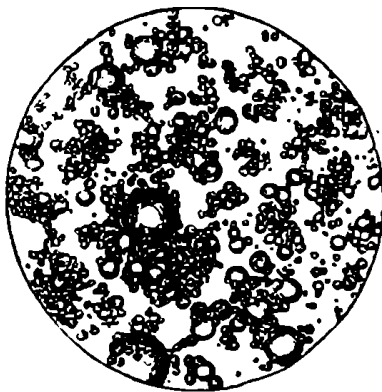
Любопытно, что...

... в 1845 году в Королевское общество (Академия наук Англии) была представлена работа некоего Уотерстона, в которой показывалось, что давление газа на стенки сосуда можно объяснить ударами атомов. Идею о том, что упругие свойства газа можно свести к классической механике атомов, не восприняли всерьез, и работа Уотерстона была отвергнута как "пустая, если не бессмысленная, негодная даже для чтения перед Обществом". Позже ее обнаружила в архиве Рэлей и опубликовал в 1892 году в журнале "Философские сообщения Королевского общества".

... в конце прошлого столетия Больцману приходилось столь часто отражать постоянные нападки со стороны многих противников молекулярно-кинетической теории, что одну из своих статей он заключил, перефразируя Галилея, словами: "И все-таки они движутся" (имел в виду, конечно, молекулы).

... изучение броуновского движения приобрело в конце прошлого века большое значение в связи со статистическим пониманием второго закона термодинамики и привлекло внимание многих физиков-теоретиков. Полная теория броуновского движения была дана в 1905 году Эйнштейном и Смолуховским. Правда, данные киносъёмки этого движения (первый случай ее использования в физических опытах), казалось бы, подвергли сомнению эту теорию. И только в 1908 году Перрен дал убедительное и окончательное экспериментальное подтверждение существования молекул и правильности теории Эйнштейна — Смолуховского.

... одной из самых трудных проблем химии и физики второй половины XIX века было определение постоянной Авогадро. Какие только попытки не предпринимались для этого — прибегали и к кинетической теории газов, и к оценкам по интенсивности рассеянного небом света, и к формулам электролиза, и к данным атомной физики. А Перрен вычислил эту константу, с неплохой для своего времени точностью, исходя из опытов по изучению броуновского движения.



...физику процесса полировки пытался прояснить еще Ньютон, однако лишь недавние исследования дали окончательный ответ. Оказывается, при сильном нажиме удаляются целые кусочки материала с полируемой поверхностью, при слабом — лишь отдельные молекулы.

...представления, разработанные в одной области физики, часто удачно "кочуют" в другие. Так, рассматривая ядро тяжелого элемента как жидкую заряженную каплю, Френкель показал в 1939 году, что она должна обнаружить колоссальное поверхностное натяжение. Капельная модель ядра позволила объяснить, в частности, как происходит деление ядер урана.

Взаимодействие молекул



...молекулы проявляют силы взаимодействия, лишь находясь в непосредственной близости друг от друга.

РУДОЛЬФ КЛАУЗИУС

...каждая молекула идет своим собственным путем, несмотря на непрерывное взаимное влияние... каждая молекула существует некоторым образом как самостоятельное действующий индивидуум.

ЛЮДВИГ БОЛЬЦМАН



Сегодня многое в приведенных цитатах может показаться очевидным и даже наивным — неужели такие ясные вещи занимали умы выдающихся ученых? Увы, еще в середине прошлого века представления о молекулярном строении вещества разделялись отнюдь не всеми физиками, а молекулярно-кинетическая теория считалась бесперспективной. Приходилось с трудом пробивать дорогу новым воззрениям, порой возвращаясь к уже порядком забытым старым, создавать одну за другой теоретические модели, искать опытное их подтверждение.

Однако было бы опрометчивым полагать, что этот путь завершен. Да, на какое-то время в первой половине нашего столетия молекулярные изыскания оказались как бы на втором плане, но впоследствии практика вновь и вновь заставляла обращаться к ним, порождая новые вопросы и открывая неожиданные области исследований.

Мы же обсудим лишь несколько ситуаций, в понимании которых так необходимы знания о взаимодействиях молекул, — в каких состояниях могут находиться вещества, насколько и почему прочны тела, как ведут себя границы раздела сред и т. п.

Вопросы и задачи

1. Известно, что кусок стекла можно разломить, прикладывая гораздо меньшее усилие, чем это необходимо для разрыва межмолекулярных связей. Как же удастся "оторвать" молекулу от молекулы?

2. Почему проявление сил сцепления между двумя кусками металла демонстрируют со свинцом, а не со сталью?

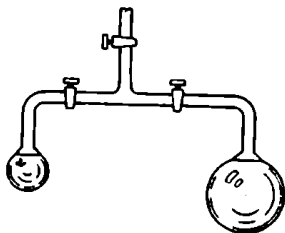
3. Для чего изделие перед гальваническим покрытием тщательно очищают, обезжиривают и промывают?

4. Коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки почти в два раза меньше, чем у чистой воды. Почему же мыльная вода образует такие прочные пузыри и пленки, какие из чистой воды получить нельзя?

5. Поверхностный слой жидкости часто уподобляют растянутой резиновой пленке. В каком отношении эта аналогия не соответствует действительности?

6. Если на молекулу, находящуюся на поверхности жидкости, действует со стороны ее соседей направленная вниз сила, то почему эта молекула не движется с ускорением в глубь жидкости?

7. На концах трубки выдувают два мыльных пузыря разных диаметров. Постепенно меньший



пузырь начинает сжиматься, а больший расширяться. Почему?

8. Шарообразный стеклянный сосуд, на три четверти заполненный водой, привели в состояние невесомости. Что произойдет с водой? А если вместо воды взять ртуть?

9. За счет какой энергии возможны капиллярные явления?

10. Если положить кусок мела на мокрую губку, он намокнет. Если сухую губку положить на мокрый мел, она останется сухой. Почему?

11. Больному прописали принимать определенное количество капель лекарства. Как нужно изменить их число, если капли отсчитываются в жарко натопленном помещении?

12. Можно ли налить воду из стакана в узкогорлый флакон с помощью тонкой проволоки?

13. Из нескольких сортов фильтровальной бумаги нужно выбрать тот, в котором поры меньше. Как это сделать, не используя никаких приборов?

14. Почему при сушке дров на солнце на конце полена, обращенном в тень, выступают капельки воды?

Микроопыт

Пробейте в стенке пустой консервной банки на небольшом расстоянии друг от друга три отверстия диаметром около 1 мм каждое. Налейте в банку воды и "сдавите" вытекающие из отверстий струйки пальцами, проведя ими по стенке банки. Что произойдет со струйками? Почему?

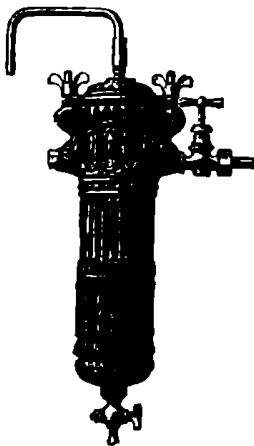
Любопытно, что...

...выведенное Ван-дер-Ваальсом уравнение состояния реального газа применимо и к не очень плотной жидкости, например к воде. Это подтверждает и заголовок статьи Ван-дер-Ваальса — "О непрерывности состояния жидкости и газа".

...водомерка, опираясь на воду кончиками лапок, не смачиваемых водой, способна не только скользить по воде, но и делать огромные прыжки, не прорывая поверхностного слоя.

...длинный цилиндрический слой жидкости неустойчив. Об этом словно известно науке, формирующему нить паутины: липкая жидкость образует цилиндрическую оболочку вокруг сердцевинных нити и вскоре распадается на крошечные шарики, к которым и прилипают насекомые.

...абсолютно чистые и гладкие поверхности при соприкосновении могут сами собой сли-



нуться. Когда только начались полеты космических кораблей с экипажами на борту, существовала реальная опасность, что металлическая подошва ботинка космонавта может самопроизвольно "приклеиться" к металлической обшивке корабля.

...молекулярные силы быстро изменяются с расстоянием. Притяжение молекул при увеличении расстояния между ними в 2 раза ослабевает более чем в 100 раз!

..."растачить" молекулы кислорода по затратам энергии раз в 50 легче, чем "разорвать" саму молекулу. А вот чтобы разложить молекулу воды на кислород и водород, требуется энергия, равная 27 эВ, что типично для химических превращений. Для плавления же льда — типично физического перехода — требуется около 0,06 эВ в расчете на одну молекулу.

...хотя молекулярные силы и относятся к электромагнитным, в основе их лежит лишь электростатическое взаимодействие. Магнитные же силы сколько-нибудь существенной роли не играют.

Температура



Мы должны принять как один из наиболее общих законов теплоты, что "все тела", свободно сообщаящиеся друг с другом и не подверженные неравным внешним воздействиям, приобретают одинаковую температуру, что показывает термометр".

ДЖОЗЕФ БЛЭК

Интуитивное представление о температуре складывается с первых дней нашей жизни. Однако задачи, встающие перед наукой, требуют все более точных толкований того, что мы постигаем чувствами. Так, важным этапом в развитии учения о тепловых явлениях было выявление различия между понятиями "теплота" и "температура". Первым, кто четко сформулировал мысль о необходимости их различения, был Блэк. Интересна и познавательна история создания и применения приборов для измерения температуры — термометров. Сегодня известны термометры жидкостные и газовые, полупроводниковые и оптические. Да и разнообразие введенных ныне в науку температур велико: различают электронную и ионную температуру, яркостную и цветовую, шумовую и антенную и т. д.

Но не спешайте. Сейчас разговор пойдет о самой обычной, можно сказать, "школьной" температуре.

Вопросы и задачи

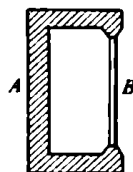
1. На горячей отопительной батарее лежит давно просохшее полотенце. Одинаково ли нагреты батарея и полотенце, если оценивать на ощупь? Одинаковы ли их температуры?

2. Понизится ли температура в комнате, если открыть дверцу работающего холодильника?

3. Как надо поступить, чтобы сильнее охладить горячий чай:

сразу бросить в него сахар, размешать и затем подождать пять минут или, выждав пять минут, положить сахар и размешать его?

4. Между выступами цинковой пластинки *A* вставлен железный



сержень *B* такой длины, что он держится между выступами при очень малом трении. Что произойдет, если всю конструкцию опустить в горячую воду?

5. В колбу с узким горлышком налили керосин и отметили уровень его в горлышке. Если погрузить колбу в горячую воду, то в первый момент уровень керосина опустится, а затем начнет повышаться. Почему?

6. На диске, вырезанном из медной пластинки, начертили отрезок прямой. Останется ли он прямым, если диск нагреть?

7. Как измерить медицинским термометром температуру тела человека, если температура окружающего воздуха равна 42°C ?

8. Можно ли пользоваться ртутным термометром в Антарктиде?

9. Можно ли, не прибегая к помощи таблиц, сказать, выше или ниже комнатной критическая температура воды?

10. Почему температура воздуха в городе на 3–5 градусов выше, чем в окрестности?

11. Равные количества соли растворяют в двух одинаковых сосудах с водой. В одном случае соль берут в виде одного большого кристалла, а в другом – в виде порошка. В каком случае температура раствора после полного растворения соли будет выше, если до растворения соль и вода находились при одинаковых температурах?

12. За эталон силы света принята сила света определенного участка поверхности затвердевающей платины. Почему обязательно "затвердевающей"?

13. Почему в местах отдыха зачастую разрешают разводить костры лишь в вечернее время?

14. Внутри воды плавает полый стеклянный пузырек. В сосуд подливают воды, и пузырек поднимается вверх. Затем еще подливают воды, и пузырек тонет. Как это можно объяснить?

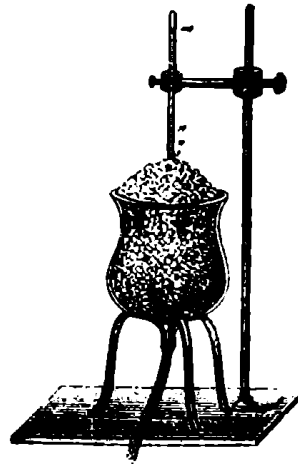
15. Почему сопротивление электрической лампочки, измеренное с помощью омметра, во много раз отличается от ее же сопротивления, рассчитанного по мощности и напряжению, указанным на лампочке?

Микрофизик

Толстый гвоздь плотно оберните полоской бумаги и внесите его в пламя свечи. Загорится ли бумага?

Любопытно, что...

...на самом деле шведский астроном и физик Цельсий предложил шкалу, в которой точка кипения воды была обо-



значена числом 0, а точка плавления льда — числом 100. Несколько позднее шкале Цельсия придали современный вид его соотечественник Штрёмер.

...Фаренгейт загорелся идеей самому сделать термометр, когда прочитал об открытии французского физика Амонта, "что вода кипит при фиксированной степени теплоты".

...к концу XVIII века число температурных шкал достигло двух десятков.

...одно время в физических лабораториях пользовались так называемыми весовыми термометром. Он состоял из полою платинового шара, заполненного ртутью, в котором было капиллярное отверстие. Об изменении температуры судили по количеству ртути, вытекавшей из отверстия.

...при понижении температуры Земного шара всего лишь на один градус выделялась бы энергия, примерно в миллиард раз превосходящая вырабатываемую ежегодно всеми электростанциями мира.

...наши ощущения могут подвести при определении температуры. Например, известен

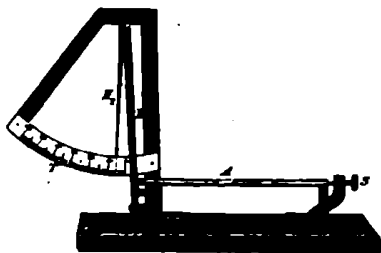
опыт, когда одну руку опускают в холодную, а другую — в горячую воду. Если через некоторое время опустить сразу обе руки в теплую воду, то рука, которая до этого была в горячей воде, почувствует холод, бывшая же в холодной воде — жар.

...понятие температуры неприменимо к отдельной молекуле; о температуре, как о величине статистической, можно говорить лишь в том случае, если имеется достаточно большая совокупность частиц.

...проблема получения очень низких температур породила целую отрасль современной техники — криогенную (от греческого *kyos* — холод). Криогенными называют температуры ниже 120 К (-153°C).

...сегодня методами магнитного охлаждения удается получать очень низкие температуры — всего в несколько милликельвинов, а очень высокие — в миллионы кельвинов — достигаются в термоядерной плазме. В природе же сверхвысокие температуры в десятки миллионов кельвинов обнаружены в центрах звезд.

...наиболее чувствительные терморезисторы, например в полупроводниковых болометрах, улавливают тепло от зажженной спички на расстоянии в несколько километров. А вот сопротивление сплава из меди, никеля и марганца — константана — практически не зависит от температуры, что очень важно при изготовлении особо точных электротехнических приборов.



Газовые законы



...из закона Ньютона следует, что в равных объемах любых газов при одинаковых температуре и давлении содержится равное число молекул. Вот какой неожиданный вывод!

РИЧАРД ФЕЙНМАН

Применив законы Ньютона к описанию теплового движения атомов идеального газа, можно вывести уравнение состояния газа, из которого следует сделанное в эпиграфе утверждение. Однако многие свойства вещества можно понять, не вдаваясь в детали его внутреннего строения. Так впервые опытным путем пришли к газовым законам, связывающим давление, объем и температуру газа.

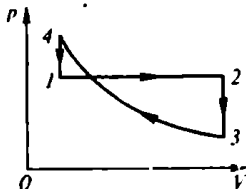
Эти законы "работают" уже более 200 лет, позволяя исследовать поведение газов в различных условиях.

Вопросы и задачи

1. Почему баллоны со сжатым газом взрывоопасны, а трубы с водой под давлением — нет?

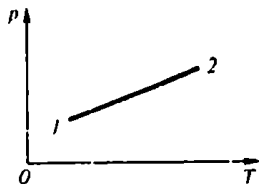
2. На бесах уравновешен закрытый сосуд, на дне которого находится кусочек твердой углекислоты. Нарушится ли равновесие после того, как углекислота в сосуде превратится в газ?

3. Дан график изменения состояния газа в координатах p, V .



Представьте этот процесс в координатах V, T и p, T .

4. При нагревании газа была получена зависимость давления от температуры, показанная на графике. Сжимали или расширяли газ?

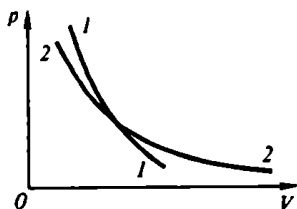


5. Два полых стеклянных шариков соединены трубкой, посередине которой находится капля ртути. Можно ли по положению

капельки судить о температуре окружающего воздуха?

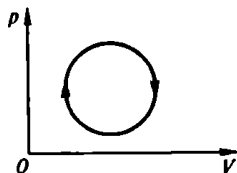
6. При значительном повышении температуры газа, состоящего из многоатомных молекул, может начаться их диссоциация. К каким отклонениям от закона Шарля может это привести?

7. Определите по графику, какая из кривых изотерма, а какая – адиабата.



8. Объем газа уменьшили в 2 раза, а температуру увеличили в 1,5 раза. Как изменилось давление?

9. Как менялась температура газа при проведении процесса, изображенного на графике?

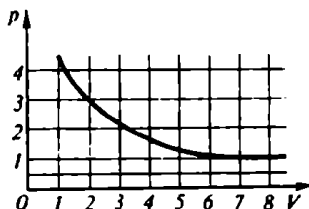


10. Два сосуда различных объемов, наполненные воздухом, закрываются при нормальных условиях и нагреваются до 100°C . Одинаковыми ли будут давления воздуха в сосудах после нагрева?

11. Объем воздушного пузырька удваивается при подъеме со дна озера на поверхность. Какова глубина озера?

12. Почему электрическая лампочка заполняется инертным газом при давлении, значительно меньшем атмосферного?

13. Повышается или понижается температура в процессе расширения, показанном на графике?



14. Как изменяется сила, выталкивающая из воды воздушный пузырек, во время его подъема со дна на поверхность?

Микроопыт

Налейте в большую тарелку воду. Зажгите бумажку и опустите ее горячей внутрь стакана. Быстро переверните стакан и поставьте его на тарелку. Что произойдет с водой? Почему?

Любопытню, что...

...повышение давления от одной до двух атмосфер при постоянной температуре влечет за собой уменьшение объема газа вдвое, в то время как объем воды меняется при этом лишь на одну двадцатитысячную. Однако сжимаемость воды не так уж и мала: если бы удалось освободить от сжатия воды Мировой океан, то его уровень поднялся бы на 35 м и огромные территории оказались бы затопленными.



...Бойль, экспериментируя с газами, не пытался установить новый закон, а хотел лишь доказать, что воздух обладает упругостью. Записи Бойля внимательно просматривал его ученик Тоунли. Он-то и обнаружил, что давление и объем обратно пропорциональны друг другу. Четырнадцать лет спустя Мариотт, проведя многочисленные опыты, вывел тот же закон.

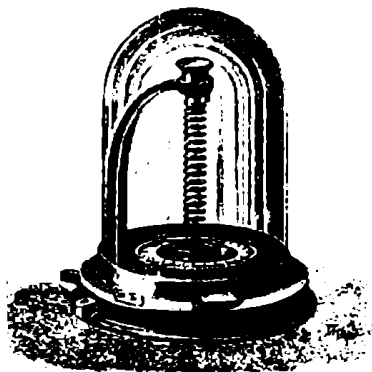
...в различных источниках закон Шарля часто именуют законом Гей-Люссака, и наоборот. Возможно, это связано с тем, что в историческом введении к своей работе 1802 года, ставшей основой классической, Гей-Люссак ссылается на предпринятые Шарлем пятнадцатью годами раньше исследования того же вопроса, оставшиеся без какой бы то ни было публикации.

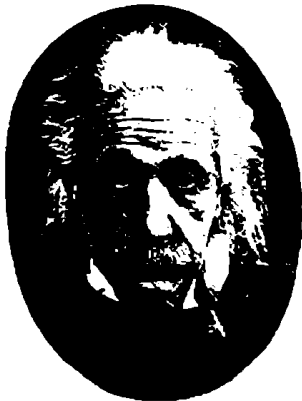
...Шарль прославился в свое время тем, что первым поднял в воздух в 1783 году воздушный

шар, наполненный водородом — новым газом, открытым Кавендишем семью годами ранее, — а не горячим воздухом, примененным братьями Монгольфье за десять лет до этого.

...международный конгресс физиков, созванный в 1927 году по случаю столетия со дня смерти Вольты, призвал внести в учебники физики формулировки как закона Вольты о постоянстве коэффициента расширения воздуха, так и закона Гей-Люссака о равенстве коэффициентов расширения всех газов. Предложение должно было напомнить о заслуге Вольты в этом вопросе, но оказалось не очень жизненным.

...исторически первой попыткой введения абсолютного нуля температуры была экстраполяция графика для "идеального" газа, т. е. газа, который не переходит в жидкое состояние, а полностью "послушен" газовым законам.





...классическая термодинамика производит на меня очень глубокое впечатление. Это единственная общая физическая теория, и я убежден, что в рамках применимости своих основных положений она никогда не будет опровергнута.

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

Термодинамика, как наука, возникла в середине XIX века, когда реализовалась идея энергетической связи между самыми различными явлениями — был открыт закон сохранения энергии. Развитие теории тепловых машин тоже подтолкнуло исследователей к глубокому анализу понятия теплоты и, главное, к количественной оценке процессов превращения энергии из одной формы в другую. Хотя термодинамика и не интересуется "устройством" тел, ее законы прекрасно описывают процессы перехода тела в любые другие виды движения и взаимодействия или обратные превращения.

Нельзя забывать, что становление термодинамики способствовало укреплению и молекулярно-кинетической теории строения вещества. Сейчас обе они часто работают "рука об руку".

Вопросы и задачи

1. Каковы границы применимости уравнения теплового баланса, если исходить из первого закона термодинамики?

2. Горячую воду вылили в алюминиевую кружку, масса которой равна массе воды. На одинаковое ли число градусов в результате охладилась вода и нагрелась кружка?

3. Почему при распиливании дерева пила нагревается до более высокой температуры, чем дерево?

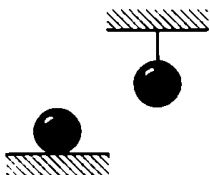
4. Заметно ли меняет температуру кофе добавление в него холодного молока? Удельные теплоемкости кофе и молока считайте примерно равными.

5. Почему медицинские грелки заполняют горячей водой, а не горячим воздухом?

6. С одной и той же высоты упали два тела с равной начальной температурой: одно — медное, другое — железное. Какое из них нагрелось сильнее при абсолютно неупругом ударе? Спротивлением воздуха можно пренебречь.

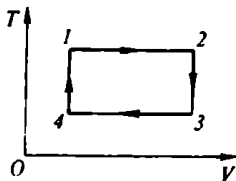
7. Графики зависимости количества теплоты от времени для медного сосуда и нагреваемой в нем воды совпали. Что можно сказать о соотношении масс воды и сосуда?

8. Два одинаковых железных шара, один из которых лежит на горизонтальной поверхности, а другой подвешен на нерастяжимой нити, нагревают от 20°C до 100°C . Одинаковое ли количество теплоты потребуется для этого? Теплообменом шаров со средой можно пренебречь.



9. Можно ли передать телу какое-то количество теплоты, не вызывая при этом повышения его температуры?

10. Какие из процессов изображенного на рисунке цикла протекали с поглощением тепла газом и какие – с выделением?



11. Почему удельная теплоемкость газа, нагреваемого при постоянном объеме, отличается от теплоемкости того же газа, расширяющегося под поршнем?

12. Как будет изменяться температура газа, помещенного в теплонепроницаемый цилиндр, при постепенном увеличении объема цилиндра?

13. Почему холодно на вершинах гор? Разве холодный воздух не должен спускаться вниз?

14. Внешнее давление на воду увеличивают. Что при этом нужно делать – нагревать или охлаждать воду, чтобы сохранить ее объем неизменным?

Микроопыт

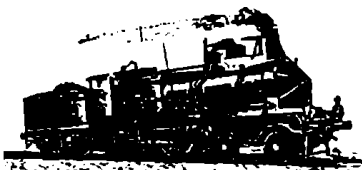
Быстро откройте бутылку охлажденного лимонада. Откуда взялось облачко тумана у горлышка бутылки? Какие еще известные вам явления это напомнило?

Любопытство, что...

...в конце XVII века появилась теория флогистона – "огненной" субстанции, которая, как считалось, была нематериальной и высвобождалась из тел при их сгорании. Упразднив флогистон в XVIII веке французский химик и естествоиспытатель Лавуазье. Был он, правда, не только серьезным ученым, но и крупным дельцом, занимая должность генерального откупщика, внушавшую традиционную ненависть народу. Лавуазье шельмтизировали по приговору революционного трибунала.

...термин "теплоемкость" первым ввел шотландский химик Блэк в середине XVIII века, а вскоре Лавуазье и Лаплас, построив ледяной калориметр, определили теплоемкости различных тел.

...граф Румфорд, известный опытами с нагреванием тел посредством трения, например просверливанием пушек, так объяснял свой интерес к науке о теплоте: "Обедая, я часто



замечал, что некоторые блюда сохраняют свое тепло гораздо дольше других, а яблочные пироги... оставались горячими удивительно долго. Сильно пораженный... я всегда пытался, но все напрасно, найти хоть какое-нибудь объяснение удивительному явлению".

...в единственной, обесмертившей его имя, работе Сади Карно использовал представление о недоступном наблюдению теплороде, однако в его чудом сохранившихся дневниках есть неоспоримые свидетельства о совершенно четком представлении закона сохранения энергии в том виде, в каком много лет спустя он был сформулирован Майером, Джоулем и Гельмгольцем. В эти же записки им впервые был дан числовой коэффициент для перерасчета тепла в работу и наоборот.

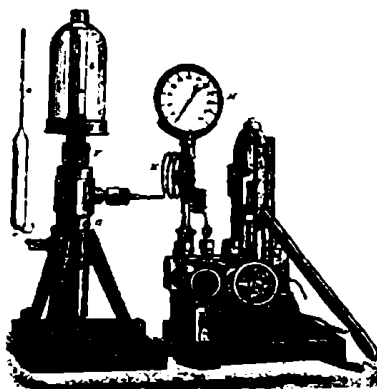
...Карно не дождался признания своих заслуг, и его книга прошла незамеченной. Вторую жизнь дал ей Клапейрон, издавший ее (вскоре после смерти Карно) со своими комментариями и дополнениями.

...несмотря на конкретные результаты и тщательно проведенные эксперименты, Джоуль сталкивался с предвзятым отношением. Так, один из членов Королевского общества заявил после доклада Джоуля, что не доверяет ему, поскольку "у него нет ничего большего за душой, чем сотые доли градуса".

...теплоемкость вещества не является постоянной величиной. Для газа, например, в зависимости от условий нагревания, она может меняться от минуса до плюса бесконечности! На тот факт, что у твердого тела, как и у газа, возможны различные теплоемкости, впервые обратил внимание французский физик Био.

...различие между теплоемкостями воды и почвы является одной из причин, определяющих разницу между морским и континентальным климатом. Летом вода в приморских районах нагревается медленнее, чем суша, охлаждает воздух, а зимой теплое море постепенно остывает, отдавая тепло воздуху и смягчая мороз. Поэтому здесь температурные колебания не так значительны, как в континентальном районе.

...в характере теплоемкости большинства химических элементов в твердом состоянии существует определенная закономерность. Так, у металлов с небольшими атомными номерами удельная теплоемкость велика, а у металлов с большими номерами — мала.



Испарение, кипение, плавление

Торопливо и обрадованно мальчик полюбил палец и, поджав, стал медленно поворачивать. С той стороны, откуда неумолимо тянул ветерок, в пальце почувствовалось ощущение холода.

АЛЕКСАНДР СГРАФИМОВИЧ

К этим процессам, разумеется, следует добавить и обратные — конденсацию и кристаллизацию. Все вместе они характеризуют определенные изменения агрегатных состояний вещества. Состояния эти вам хорошо знакомы: твердое, жидкое, газообразное. Однако ими не исчерпывается все многообразие возможных состояний. Со временем вы узнаете о плазме, о нейтронном состоянии, о различных кристаллических модификациях одного и того же вещества.

Пока же давайте займемся не экзотическими, а обыденными превращениями вещества. Правда обыденные они лишь на первый взгляд.

Вопросы и задачи

1. В жарких странах напитки помещают в сосуды с пористыми стенками. Зачем?

2. Свежеиспеченный хлеб весит больше, чем тот же хлеб остывший. Почему?

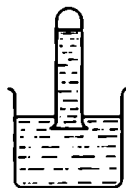
3. Для чего, желая скорее высушить пол, на который пролита вода, ее растирают по полу?

4. Когда, купаясь в жаркий день, вы входите в воду, она кажется холоднее воздуха, а когда выходите, то наоборот. Почему?

5. Как отразится невесомость в космическом корабле на кипячении воды?

6. Пробирка наполнена водой и открытым концом опущена в

стакан с водой. Изменится ли уровень воды в пробирке, если установку нагреть до температуры кипения воды?



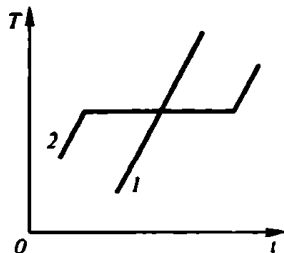
7. В кастрюле кипит вода, и в ней варятся макароны. Кипит ли вода в трубках макарон?

8. Можно ли заставить воду кипеть без нагревания?

9. Почему пруды замерзают раньше рек?

10. Можно ли расплавить кусок свинца, лежащий в воде?

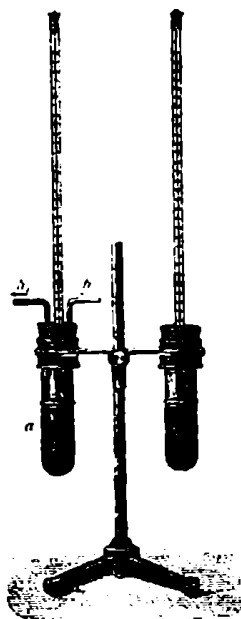
11. На рисунке показано, как изменяется со временем температура металла и стекла при одинаковом подводе тепла. Какой из графиков относится к металлу?



12. Кристаллизация вещества сопровождается выделением тепла, хотя температура затвердевающего вещества не понижается. За счет чего выделяется тепло?

13. Два одинаковых брикета мороженого положили на стол. На один из них направили прохладную струю воздуха от вентилятора. Какой брикет растает быстрее?

14. Одну бутылку с водой положили на лед при 0°C , а вторую опустили в воду при



0°C . Замерзнет ли вода в какой-нибудь бутылке?

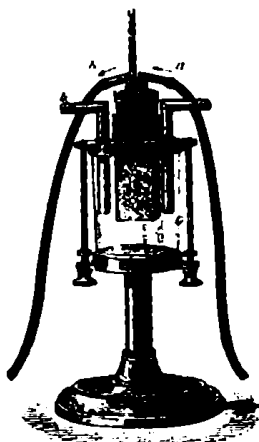
15. Можно ли, имея в своем распоряжении тонкие проволочки из различных химически чистых металлов, оценить температуру пламени в его различных местах?

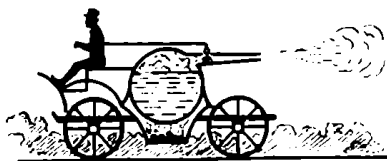
Микроопыт

Повесьте на брусок льда два одинаковых груза: один на медной проволоке, другой на капроновой леске того же диаметра. Что перережет лед быстрее? Почему?

Любопытно, что...

...испаряться, минуя жидкое состояние, могут и твердые тела. Наиболее известные примеры — испарение нафталина и йода, высыхание замерзшего белья, сублимация графита и "сухого льда".





...еще Бэк открыл не только постоянство точки плавления льда, но и то, что термометр показывает одну и ту же температуру, несмотря на приток тепла, до тех пор, пока весь лед не растает. Отсюда Бэк пришел к понятию скрытой теплоты плавления, а позже установил и понятие скрытой теплоты парообразования. Однако исследования Бэка были опубликованы лишь после его смерти.

...часто, чтобы предотвратить замерзание воды в радиаторах автомобилей, в гараже рядом с радиатором ставят большой таз с водой. Так же предохраняют от мороза овощи в погребах — при приближении температуры воздуха в помещении к точке замерзания воды сосуд, наполненный водой, служит резервуаром тепла.

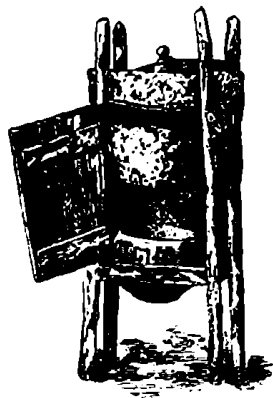
...существует лед, который обжег бы нам пальцы, если бы до него можно было дотронуться. Получают его под очень большим давлением, при котором вода переходит в твердое состояние при температуре значительно выше 0°C .

...гелий можно превратить в жидкость при $4,2\text{ K}$, но превра-

тить его в твердое тело при атмосферном давлении не удастся, даже если температура приближается к абсолютному нулю. Вместо этого при $2,18\text{ K}$ наблюдается фазовый переход, в результате которого гелий превращается в сверхтекучую жидкость.

...не так давно удалось обнаружить неизвестное ранее состояние вещества, при котором элементарные частицы — а именно электроны — образуют кристаллическую решетку. Это состояние может реализовываться лишь при сверхнизких температурах.

...термин "теплота" долгие сохранил остатки влияния теории "теплорода". Живучесть эту влияния оказалась просто необычайной — до сих пор сохранились такие термины, как "теплоемкость", "теплопередача", "тепловой резервуар", "тепловой аккумулятор"...





*...у нас нет другого пути...
кроме оценки плотности
насыщенного пара при любой
температуре...*

**УИЛЬЯМ ТОМСОН
(КЕЛЬВИН)**

Живительные дожди и бегущие облака, стелящиеся туманы и изящные снежные кристаллы — за все это отвечают водяные пары. Влагооборот — один из основных погодообразующих факторов, а как мы все зависим от него, нам ежедневно напоминают метеосводки.

Спортсменам и гляциологам, летчикам и морякам, конструкторам паровых котлов и тепловых машин и даже домохозяйкам, развешивающим белье для просушки, — всем так или иначе нужны точные сведения о влажности воздуха и других свойствах паров.

Вот и мы предпримем некоторые попытки разобраться с парами как объектами физического исследования.

Вопросы и задачи

1. Почему капля воды, попав на раскаленную плиту, начинает по ней прыгать?

2. При каких условиях рост абсолютной влажности воздуха может сопровождаться уменьшением относительной влажности?

3. В какое время суток летом относительная влажность воздуха больше при одной и той же абсолютной влажности?

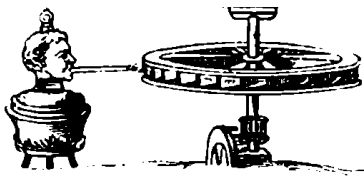
4. Почему жару гораздо труднее переносить при высокой влажности?

5. На улице целый день моросит холодный осенний дождь. В комнате развешено выстиранное белье. Высохнет ли оно быстро, если открыть форточку?

6. Можно ли всасывающим водяным насосом поднять кипящую воду?

7. Какими способами ненасыщенный пар можно обратить в насыщенный?

8. Когда возможно повышение плотности вещества с ростом температуры?



9. Из сильно кипящего чайника выбрасываются видимые клубы пара, которые появляются, однако, не у самого носика. Чем заполнен промежуток?

10. Жидкость налита в сообщающиеся сосуды разных диаметров. Широкий сосуд закрывают пробкой. Изменится ли при этом распределение уровней жидкости в сосудах?

11. В цилиндре под поршнем находится насыщенный водяной пар без воздуха. Будет ли этот пар "пружинить" при сжатии?

12. Бутылку из пластмассы на $9/10$ ее объема заполнили кипятком и закрыли пробкой. Если воду в бутылке встряхнуть, пробка может вылететь. Почему?

13. В запаянной U-образной трубке находится вода. Как уз-

нать, есть ли воздух (или только насыщенный пар) над водой в трубке?

14. Осадки начинаются потому, что в облаках более крупные капельки растут за счет более мелких. Как объяснить это явление?

15. Как влажность воздуха влияет на скорость звука?

Микроопыт

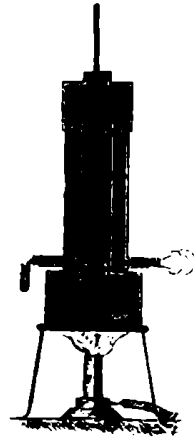
В двух одинаковых чайниках, поставленных на одинаковые го-



релки, кипит вода. У одного чайника крышка часто подпрыгивает, а у другого неподвижна. Почему?

Любопытство, что...

...в 1756 году Бэж, тогда еще студент Эдинбургского университета, установил сложный состав атмосферного воз-





духа и тем самым — удар существовавшей более 2000 лет гипотезы, утверждавшей, что атмосфера — продукт сжигания "воздуха" и водяной пара.

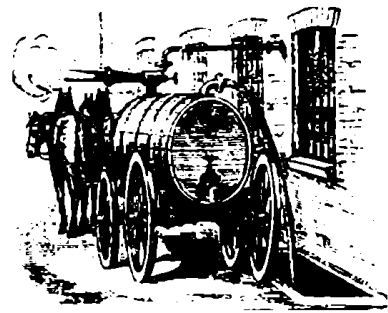
Первым водостойким пирометром был создан в 1783 году швейцарским инженером-химиком Самсоном. В том же году Самсон опубликовал статью, в которой доказал, что при одной и той же температуре и давлении влажный воздух легче сухого.

...в 1880 году шотландский морской инженер Апткен открыл, что конденсация водяного пара при образовании тумана, облаков и дождя происходит на определенных микроскопических частицах, таких как морская соль, мельчайшие пылинки и т. д. На этом открытии основаны некоторые современные работы по искусственному вызыванию дождя.

...если бы прекратился кругооборот воды в природе, то за год с поверхности Мирового океана испарился бы слой воды толщиной около 1,1 м.

...если очень чистый пар не соприкасается с жидкостью, то удается получить перегретый пар — п. в. пар, который даюно следовало бы уже стать жидкостью. Именно такой пар образуется в камере Вильсона для регистрации заряженных частиц.

...современный прибор для определения количества водяного пара в воздухе — инфракрасный пирометр — способен работать в условиях, когда все другие приборы практически не работают. Он основан на взаимодействии потоков инфракрасного излучения двух волн разной длины, проходящих через слой воздуха. Одна из волн поглощается водяными парами, другая — нет.



Опыты и наблюдения

...и опыт, сын ошибок трудных...

АЛЕКСАНДР ПУШКИН

Предлагаем вам чуть-чуть отойти от традиции обсуждения основных физических понятий и приступить к опытам. Нет, не тем, с какими вам приходилось сталкиваться в школьном кабинете физики, а такими, что легко провести самим, скажем во время каникул. Для этого можно использовать буквально все, что находится под рукой, либо просто внимательно понаблюдать за окружающими вас явлениями.

Вы убедитесь, что за многими совсем простыми на первый взгляд событиями кроется вполне серьезная физика, требующая размышлений и смекалки.

А теперь — за дело.

1. Почему не жестко лежать на веревочном гамаке?

2. Можно ли, не разбивая скорлупы яйца, узнать, сырое оно или вареное?

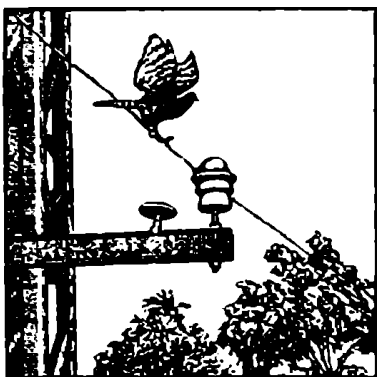
3. Почему в паяной посуде можно кипятить воду и посуда не расплавляется от огня?

4. В какое время года сильнее провисают телеграфные и телефонные провода?

5. Почему мыльный пузырь взлетает вверх? В каком помещении он поднимается быстрее — в холодном или теплом?

6. Чем объясняется то, что узел крепко держит связанные им веревки?





7. Почему дым из фабричной трубы выходит клубами?

8. Всегда ли в жаркую погоду ветер приносит прохладу?

9. Почему жужжит пчела?

10. Почему, вставая со стула, мы либо подаемся туловищем вперед, либо поддвигаем под стул ноги?

11. Когда камень падает в воздухе с большой высоты, летит ли он все время с возрастающей скоростью?

12. Какого цвета кажется красный флаг при синем освещении?

13. Почему птицы безнаказанно садятся на провода линии высоковольтной передачи?

14. Верно ли, что "ночью все кошки серы"?

15. Почему насадка не раздавливает яйца, в то время как птенец без труда пробивает скорлупу изнутри?

16. Можно ли добиться того, чтобы стальная игла плавала на поверхности воды?

17. Почему верхние спицы катящегося колеса иногда сливаются для глаз, в то время как нижние видны раздельно?

18. Можно ли, окунувшись в воду, читать там книжный шрифт?

19. Почему трудно разыскать стрекочущего возле вас кузнечика?

20. Сохранит ли равновесие линейка или гладкая палка, если вы будете сдвигать пальцы, на которых они лежат?



*“Даже сквозь стены домов
проникают небесные молнии...”*



А так ли хорошо знакомы вам



ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК



ЗАКОН ДЖОУЛЯ—ЛЕНЦА



МАГНЕТИЗМ



КАК ДВИЖУТСЯ ЗАРЯЖЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ



РАБОТА В ПОЛЯХ



ОПЫТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ



?

Электрическое поле



*Фарадей своими мысленными взором
видел силовые линии,
пронизывающие все пространство...
Фарадей искал сущность реальных
явлений, протекающих в среде.*

ДЖЕЙМС КЛЕРК МАКСВЕЛЛ

Понятие поля впервые было выдвинуто Майклом Фарадеем. Даже если бы Фарадей подарил миру одну лишь эту идею, его имя стало бы бессмертным. Однако многочисленные исследования Фарадея в области электрических и магнитных явлений сделали его поистине основателем современного электромагнетизма.

В дальнейшем эта идея была разработана выдающимся преемником Фарадея — Джеймсом Клерком Максвеллом. Полученные им уравнения дают точное математическое описание электрических и магнитных полей.

Мы же ограничимся обсуждением лишь электростатического поля.

Вопросы и задачи

1. Различные электростатические эффекты лучше получаются зимой, чем летом. Почему так происходит?

2. Приведите пример системы двух разноименно заряженных тел, когда при их сближении сила притяжения уменьшается до нуля.

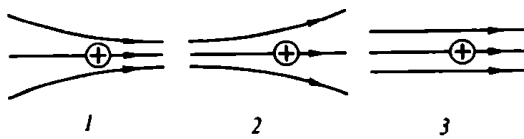
3. Стеклоянную палочку натирают шелком и проносят вблизи мелких обрезков бумаги, которые притягиваются к ней. Не противоречит ли этот опыт закону Ку-

лона — ведь бумажки не заряжены?

4. Какова напряженность электрического поля в точке, одинаково удаленной от зарядов, образующих электрический диполь?

5. Покажите, не производя вычислений, что напряженность поля электрического диполя тем меньше, чем меньше расстояние между зарядами, образующими диполь.

6. Как будет вести себя положительно заряженный проводя-

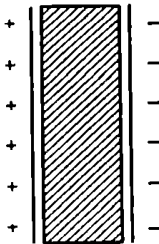


щий шар в каждом из электрических полей, изображенных на рисунке? Как будет вести себя в этих же полях незаряженный шар?

7. Заряженный проводник, взятый в виде листа, свернули в цилиндр. Изменилась ли напряженность электрического поля у поверхности проводника?

8. Заряд $-q$ находится в центре полый металлической сферы, которая несет заряд $+2q$. Изобразите с помощью силовых линий результирующее электрическое поле.

9. Пластины заряженного конденсатора притягиваются с силой F . Изменится ли эта сила, если ввести в конденсатор пластинку из диэлектрика, как показано на рисунке?



10. На расстоянии r от проводящей незаряженной плоскости находится точечный заряд $+q$. С какой силой будут взаимодействовать заряд и плоскость?

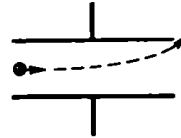
11. Обкладки плоского воздушного конденсатора присоединены к аккумулятору. Уменьшится ли напряженность поля в этом

конденсаторе, если поместить его в непроводящую жидкость?

12. Может ли существовать в вакууме изображенное на рисунке электрическое поле?



13. Электрон, двигаясь параллельно пластинам плоского воздушного конденсатора, влетает по оси конденсатора, а вылетает у



края пластины. Разность потенциалов между пластинами равна U . Как меняется кинетическая энергия электрона?

Микроопыт

С помощью резиновой трубки, надетой на водопроводный кран, устройте фонтан так, чтобы струя была под углом к вертикали. Поднесите к ниспадающей части струи наэлектризованную палочку и добейтесь того, чтобы рассыпавшаяся на сноп брызг струя вновь слилась. Объясните это явление.

Любопытно, что...

...французского естествоиспытателя Дюфе, создавшего первую теорию электрических явлений, при проведении опы-

тов по электризации подвешивали на шелковых шнурках и электризовали настолько сильно, что при приближении руки другого человека из него высккивали искры.

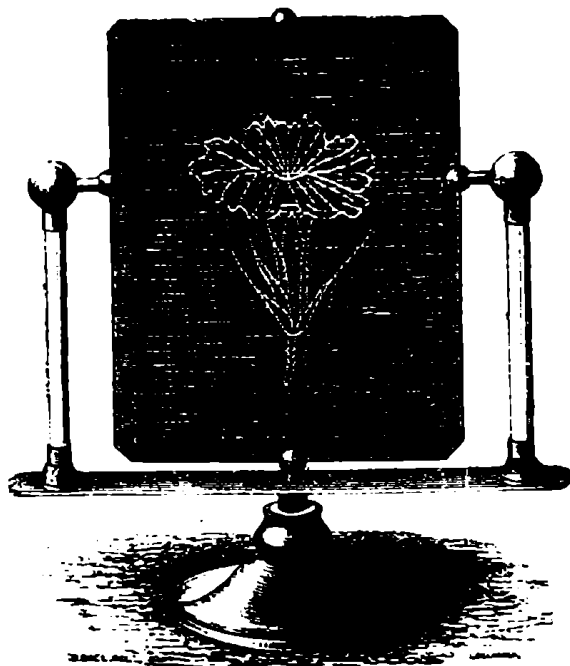
...Франклин, создатель так называемой "унитарной теории электричества", свои предположения о взаимодействии заряженных тел строил на представлениях об избытке или недостатке "электрической жидкости". Он же совершенно произвольно выбрал знаки зарядов.

...Фарадей, закончивший лишь начальную школу, чувствовал настоятельную необходимость в разработке некоего метода, столь же действенного, как и математические уравнения. Максвелл же замечал, что математики, считавшие метод Фарадея лишенным научной точности, сами не придумали

ничего лучшего, как использование гипотез о взаимодействии вещей, не обладающих физической реальностью.

...по мнению Эйнштейна, идея поля — самая, быть может, оригинальная идея Фарадея — была важнейшим открытием со времен Ньютона. Из пассивного безучастного внешнего пространства у Фарадея превращается в средоточие явлений.

...в 1839 году в сочинении "Общая теория сил притяжения и отталкивания..." Гаусс изложил основную теорему электростатики. В ней он связал полное число линий напряженности поля, пересекающих поверхность, ограничивающую трехмерный объем, с полным зарядом, находящимся внутри этого объема.



Электрические цепи



Я брал куски цилиндрической проволоки произвольной длины из различных материалов и помещал их поочередно в цепь...

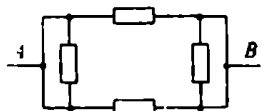
ГЕОРГ ОМ

Нельзя представить себе современный мир без использования разнообразных электрических цепей, передающих энергию и информацию. Возможность же исследовать законы, которым подчиняется электрический ток, появилась лишь в начале прошлого века после изобретений Гальвани, Вольты и Зеебеком источников тока. Первым физиком, попытавшимся выяснить эти закономерности, был скромный школьный учитель из Кельна — Ом. Сегодня его эксперименты могут показаться тривиальными, однако в то время провести надежные опыты с постоянным током было исключительно трудно, и только упорные и кропотливые измерения позволили Ому установить его знаменитый закон.

Постарайтесь и вы почувствовать, как непросто "элементарные" вопросы, с которыми сталкивались исследователи, приближавшие "век электричества".

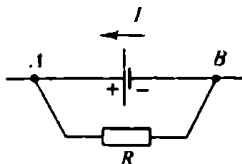
Вопросы и задачи

1. Четыре одинаковых резистора сопротивлением R каждый, включены в цепь так, как показано на рисунке. Каким будет сопротивление между точками A и B ?



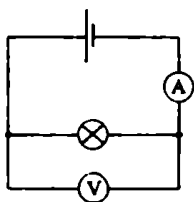
2. Отчего величина пускового тока в лампе накаливания больше рабочего?

3. В каком направлении протекает ток через сопротивление R в цепи, изображенной на рисунке?



4. Верно ли утверждение, что вольтметр, подключенный к клеммам разомкнутого источника, показывает ЭДС?

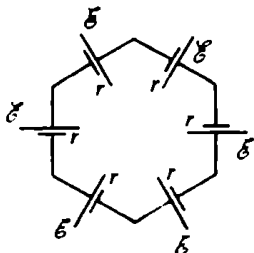
5. При сборке цепи, показанной на рисунке, амперметр и вольтметр поменяли по ошибке



местами. Не испортятся ли при этом измерительные приборы?

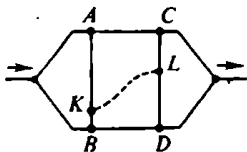
6. Можно ли включать конденсатор в цепь постоянного тока?

7. Какова будет разность потенциалов между любыми точками изображенной на рисунке цепи?



8. В электростатическом поле потенциал точки A выше потенциала точки B . Однако, если поместить в это поле проводник AB , ток по нему идти не будет. Почему?

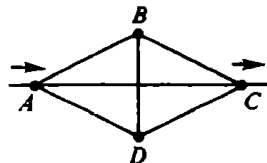
9. На участках AKB и CLD , изображенных на рисунке, ток отсутствует. Будет ли течь ток по проволоке, соединяющей точки K и L ?



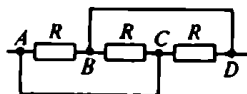
10. При включении в сеть елочной гирлянды, спаянной из

лампочек для карманного фонаря, на каждую из лампочек приходится напряжение 3 В. Почему же опасно, выкрутив одну из лампочек, сунуть в патрон палец?

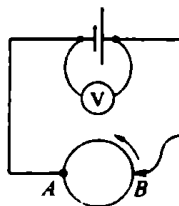
11. Какие из отрезков каркаса, изготовленного из однородной проволоки, будут светиться ярче, если постепенно увеличивать подаваемое на каркас напряжение?



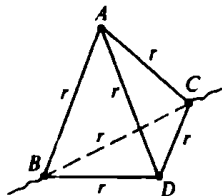
12. Чему равно сопротивление цепи, показанной на рисунке?



13. Как будут меняться показания вольтметра при движении по однородному проволочному кольцу скользящего контакта?



14. Чему равно сопротивление каркаса из однородной проволоки в виде тетраэдра, включенного в цепь двумя вершинами?



15. На сколько равных частей надо разрезать кусок однородной проволоки, чтобы при параллельном соединении этих частей получить в n раз меньшее сопротивление?

Микроопыт

Имеются вольтметр, амперметр и источник тока с неизвестными внутренними сопротивлениями. Как с их помощью измерить величину неизвестного сопротивления?

Любопытно, что...

...Кавендиш, работы которого по электричеству долгое время оставались неизвестными, более чем на 50 лет раньше Ома экспериментально установил пропорциональность тока напряжению, но в свойственной для него манере не удосужился никому сообщить об этом.

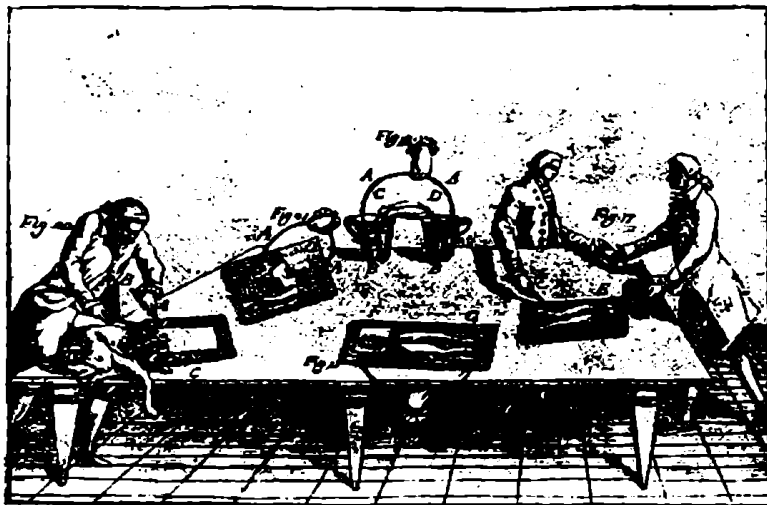
...открытие Ома было скептически воспринято в научных кругах. Это отразилось и на развитии науки — скажем, за-

коны распределения токов в разветвленных цепях были выведены Кирхгофом лишь двадцать лет спустя — и на научной карьере Ома — ему предложили кафедру в университете лишь за два года до его смерти.

...Ом, пытаясь вывести свой закон уже из теоретических соображений, исходил из аналогии между процессами распространения "электричества" и "теплоты".

...закон Ома, при всей его значимости, является не фундаментальным законом природы, а лишь следствием, которое, как теперь ясно, вытекает из квантовой теории твердого тела.

...еще в 1910 году Эренфест указал на возможность применения булевой алгебры, или алгебры логики, при составлении схем цепей телефонной станции. Впоследствии взаимосвязь булевой алгебры и ключевых элементов элементов лемма в основу создания ЭВМ.



Электрический ток



Имеется огромное количество фактов, заставляющих нас думать, что атомы вещества каким-то образом одарены электрическими силами или связаны с ними и что они обязаны своими наиболее важными свойствами.

МАЙКЛ ФАРАДЕЙ

Приведенное высказывание свидетельствует о неразрывной связи между понятием электрического тока и строением вещества. Непростая история исследований электрических свойств различных сред, когда трудно было признать, что токи, текущие по металлическому проводу и в жидкости или проходящие через газы и вакуум, являются "близжайшими родственниками", все-таки привела к появлению электрошпий теории. Эта теория позволила истолковать многие — и не только электрические — свойства материи, была шагом к более тонкому пониманию структуры вещества и взаимодействий, управляющих его поведением. А это, в свою очередь, повлекло за собой различные технологические открытия, кардинально изменившие облик окружающего нас мира.

Вопросы и задачи

1. Длину проволоки вытягиванием увеличили вдвое. Как изменилось ее сопротивление?

2. Где больше средняя скорость упорядоченного движения электронов: в нити лампы или в проводах, подводящих к ней ток?

3. Две квадратные металлические пластины одинаковой толщины включены в цепь. Одинаковое ли сопротивление оказывают они току?

4. Может ли стекло проводить электрический ток?

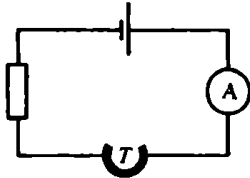
5. В полупроводниках концентрация заряженных частиц много меньше, чем в металлах. Отчего же при последовательном соединении полупроводника и металлического проводника с равными поперечными сечениями сила тока в них одинакова?

6. Различаются ли чем-нибудь дырка и положительный ион в полупроводниках?

7. К каким полюсам источника тока нужно присоединить электроды в форме диска и острия, расположенные на некотором рас-

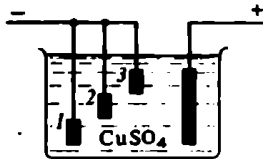
стоянии друг от друга, чтобы воздушный пробой произошел при меньшей разности потенциалов между электродами?

8. Почему измерения электропроводности полупроводников проводят при очень слабом освещении или в темноте?



9. В цепь включена открытая металлическая трубка T . Как изменится показание амперметра, если трубку заполнить водным раствором медного купороса?

10. Одинаковое ли количество меди выделяется на катодах 1, 2 и 3?



11. Чем отличается образование ионов в электролитах от ионизации газов?

12. Почему разрежение газа улучшает его проводимость? Всегда ли это верно?

13. Почему в дымоходных трубах частицы угля в дыме обладают положительным зарядом?

14. Будет ли работать в открытом космосе радиолампа с разбитым стеклом?

Микроопыт

Включите лампу в комнате. Можете ли вы заметить, сколько

времени прошло между моментом включения и моментом, когда лампочка загорается?

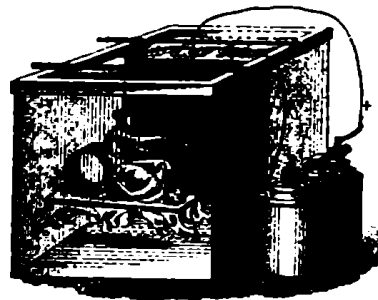
Любопытно, что...

...электродинамика Максвелла является фактически теорией электромагнитных явлений в вакууме. Для ее приложения к веществу приходится вводить множество констант, полученных опытным путем.

...величины проводимости проводников и изоляторов различаются в стократное число раз, измеряемое единицей с двадцатью двумя нулями.

...сейчас нам представляется совершенно очевидным, что молния — это шипящая искра, которая проскакивает между облаками и землей. Однако в свое время для доказательства этого факта Ломоносову и Франклину пришлось затратить немало сил, а Ритману это стоило жизни.

...археологические находки, относящиеся к временам Парфянского царства, позволяют допустить, что уже две тысячи лет назад производилось гальваническое золочение и серебрение изделий.



Закон Джоуля — Ленца



...во всех случаях, когда электрический ток получался с помощью магнитоэлектрической машины, количество теплоты, развиваемой током, находилось в постоянном отношении к силе, необходимой для вращения этой машины...

ДЖЕЙМС ДЖОУЛЬ

1. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально сопротивлению проволоки.

2. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально квадрату тока, служащего для нагревания тока.

ЭМИЛИЙ ЛЕНЦ



Этот закон о выделении тепла в проводнике при прохождении электрического тока — пример независимого открытия двумя учеными, открытия "с двойным гражданством", нередкого в истории науки. Побуждало же ученых стремление найти связи и количественные соотношения между "силами" различной природы, приводящими к выделению тепла. И хотя закон Джоуля — Ленца не носит столь обобщающего характера, как фундаментальный закон сохранения энергии, сфера его применения не уменьшается и по сию пору. Без него не обойтись при расчете электрических цепей и электронных схем, проектировании и эксплуатации осветительных и электронагревательных приборов. Предоставляем вам возможность убедиться в этом самим.

Вопросы и задачи

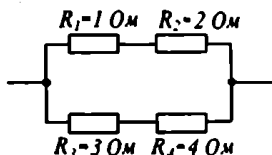
1. В цепь включены параллельно медная и железная проволоки равной длины и сечения. В

какой из них выделится большее количество теплоты за одно и то же время?

2. Две электрические лампы

мощностью 25 Вт и 200 Вт включены последовательно в электрическую цепь. Какая из ламп будет гореть ярче?

3. В каком из резисторов, показанных на схеме, выделяется наибольшее количество теплоты?



4. Почему электрические лампы чаще перегорают в момент замыкания цепи и очень редко – в момент размыкания?

5. Как изменится теплоотдача электроплитки, если укоротить ее спираль?

6. Как переделать электроплитку, рассчитанную на напряжение 220 В, на 110 В, при этом не меняя и не укорачивая спираль?

7. По стальной проволоке пропускают ток такой силы, что она слегка накаляется. Почему при охлаждении одной части проволоки (например, водой) другая ее часть накаляется сильнее? Напряжение на концах проволоки поддерживается неизменным.

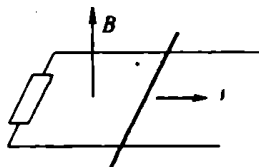
8. Половину спирали от электроплитки растянули, и спираль включили в сеть. Будут ли отличаться показания вольтметра, измеряющего напряжение на растянутой части спирали, от показаний на нерастянутой части?

9. Почему при включении в сеть электроутюга накал ламп в квартире сразу же заметно падает, но вскоре возрастает, достигая примерно прежнего уровня?

10. На что расходуется электро-

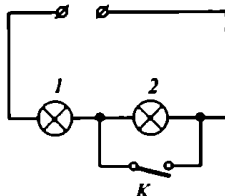
энергия, потребляемая домашним холодильником?

11. По двум металлическим рейкам, соединенным с резистором и помещенным в магнитное поле, как показано на рисунке, перемещают без нарушения контакта



металлическую перемычку. Почему для равномерного движения перемычки требуется постоянная сила даже в отсутствие трения?

12. На схеме изображена цепь, состоящая из лампы 1 мощностью 40 Вт, ключа К и лампочки 2 от карманного фонаря. Цепь



включили в городскую сеть при замкнутом ключе К, затем ключ разомкнули – лампы горели нормально. Когда же в другой раз включение произошло при разомкнутом ключе, лампочка 2 сразу перегорела. Почему?

13. Для постепенного увеличения силы тока в электродвигателе при его пуске последовательно с ним выключают кусок полупроводника. Почему именно полупроводника?

14. К середине проволоки, натянутой между двумя опорами, подвешен груз. Отчего при подключении концов проволоки к источ-

нику тока груз начинает колебаться?

15. Как будет изменяться накал лампы, если в соленоид, подключенный последовательно с лампой к источнику постоянного тока, медленно вводить железный сердечник?

Микроопыт

Найдите сопротивление электрического уголка в рабочем режиме, если сведения о его мощности отсутствуют, с помощью электросчетчика и транзисторного радиоприемника.

Любопытство, что...

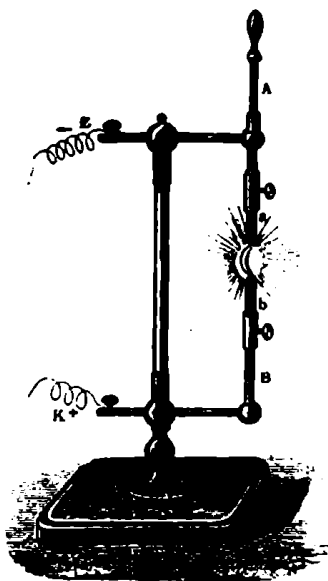
...Гельмгольц, чье имя вместе с Джоулем навсегда вошло в историю науки в связи с открытием закона сохранения энергии, скептически относился к первым опытам Джоуля. Впоследствии же Гельмгольц писал: "Поздние опыты того же исследователя, произведенные с глубоким знанием дела и железной энергией, заслуживают глубочайшего удивления..."

...до открытия закона, принесшего ему мировую известность, Джоуль занимался определением эффективности электрических машин. Поначалу Джоуль полагал, что электромашины могут быть источником бесконечно большого количества механической работы. Однако очень скоро он убедился, что это не так, и пришел к пессимистическому выводу о превосходстве паровых машин над электрическими.

...Ленцу, точность и обстоятельность опытов которого обеспечили признание нового закона, пришлось самому вводить единицу измерения сопротивления (закон Ома к тому времени еще не вошел во всеобщее употребление), а также единицы тока и электродвижущей силы.

...энергия, "расходуемая" всеми молниями за год, по оценке, сделанной на основе закона Джоуля - Ленца, более чем втрое превышает мировую годовую выработку электроэнергии.

...токи в микростемах очень слабые, при большой плотности деталей весьма ощутимым становится тепловыделение. Это сильно мешает миниатюризации электронных изделий. Выход надеются найти с помощью высокотемпературной сверхпроводимости.



Магнетизм



Так как я уже давно рассматривал силы, проявляющиеся в электрических явлениях, всеобщими природными силами, то я должен был отсюда вывести и магнитные действия.

ХАНС КРИСТИАН ØРСТЕД

В конце лета 1820 года редакции научных журналов, физические общества и некоторые видные физики Европы получили из Копенгагена небольшую – всего в 4 страницы – брошюру на латинском языке. Автором ее был датчанин Эрстед, а называлась она "Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку". В брошюре сообщалось о воздействии на стрелку тока, текущего по проволоке, замыкающей вольтову батарею.

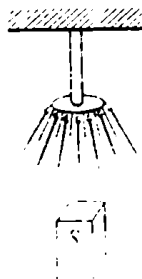
Тщательное исследование поведения собственно магнитов было проведено еще Гильбертом на рубеже XVI и XVII веков. Но идея связи магнитных и электрических явлений, если и приходила кому-то в голову, экспериментального подтверждения долгое время не получала. Открытие Эрстеда послужило началом цепной реакции исследований и величайших достижений в области электромагнетизма, повлекших через полстолетия мощный технический переворот. И здесь нельзя не назвать имена Ампера, Фарадея, Араго, Ленца, Максвелла...

Но сейчас нас будет интересовать только "магнитная сторона" игры электромагнетизма.

Вопросы и задачи

1. Имеются два одинаковых стальных стержня, один из которых намагничен. Как узнать, какой из них намагничен, не пользуясь ничем, кроме самих стержней?

2. К небольшому латунному диску свободно подвесили не-



сколько стальных иголок, как показано на рисунке. Если снизу к иголкам медленно подносить сильный магнит (например, южным полюсом), то сначала иголки разойдутся, а затем, когда магнит приблизится почти вплотную, снова вернуться в вертикальное положение. Почему?

3. Намагнитится ли однородный железный стержень, если пропустить ток через катушку, намотанную на стержень так, как изображено на рисунке?

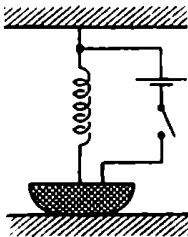


4. Незаряженное металлическое кольцо охладили до сверхпроводящего состояния и начали быстро вращать. Возникнет ли вокруг этого кольца магнитное поле?

5. К двум противоположным точкам проволочного кольца подведены идущие радиально провода, соединенные с весьма удаленным источником тока. Чему равна индукция магнитного поля в центре кольца?

6. Отчего два параллельных проводника, по которым идут токи в одном направлении, притягиваются, а два параллельных катодных пучка отталкиваются?

7. Один конец проводящей пружины закреплен, а другой погру-



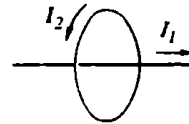
жен в чашечку со ртутью. Почему при пропускании тока проводник то сокращается, размыкая цепь, то удлиняется, вновь замыкая ее?

8. Около сильного длинного прямолинейного магнита помещают гибкий свободный проводник.



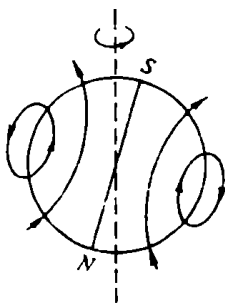
Как расположится проводник, если по нему пропустить ток, направленный сверху вниз?

9. Прямолинейный ток I_1 проходит по оси кругового тока I_2 . С какой силой взаимодействуют эти токи?



10. Две катушки, по которым текут токи, взаимодействуют между собой с определенной силой. Как изменится эта сила, если обе катушки свободно надеть на общий замкнутый железный сердечник?

11. Картина линий индукции магнитного поля Земли выглядит, как показано на рисунке. Какой формы электрический ток мог бы



создать магнитное поле такой же конфигурации?

12. Желая получить как можно большее магнитное поле, лаборант намотал одну на другую три одинаковые катушки и включил их в сеть. Добился ли он цели?

Микроопыт

Прикрепите магнитную стрелку к пробке и опустите в воду. Как будет вести себя стрелка под действием лишь магнитного поля Земли? А если к ней поднести постоянный магнит?

Любопытно, что...

...большинство китайских мудрецов объясняли поведение магнитной стрелки действием везетных сил, например притяжением Полярной звезды.

...палеомагнитные исследования – самое строгое доказательство дрейфа континентов. По намагниченности железных месторождений, возникших несколько сот миллионов лет назад, можно "восстановить" некогда существовавший в Южном полушарии единый гигантский суперконтинент Гондвана, который позже раскололся на Южную Америку, Африку, Азию

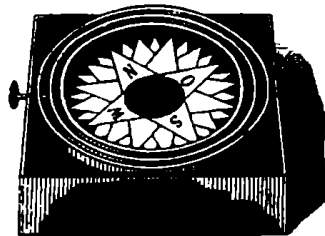
(частично), Австралию и, возможно, Антарктиду.

...безразличное отношение физиков в начале XIX века к вопросу о магнитном действии постоянного тока объяснялось тем, что "скрытое", незримо текущее "вольтово электричество" считалось особым, "тихим" состоянием электричества, неспособным на магнитное воздействие, наблюдаемое при бурной искровой электрической разряде.

...как это порой случается, сам Эрстед дал открытому им явлению неверное толкование, считая, что воздействие на магнитную стрелку является результатом нагревания проводника током.

...уже в первом докладе Ампера, состоявшемся менее чем через два месяца после выхода в свет брошюры Эрстеда, содержалась его теория, ликвидирующая представление о невесомых магнитных субстанциях, которое считалось неоспоримым на протяжении более тридцати лет.

...в прошлом веке была широко распространена точка зрения на линии индукции магнитного поля как на натяжения эфирной материи.



Как движутся заряженные частицы



Исследования, которые привели к открытию электрона, начались с попыток объяснить расхождение в поведении катодных лучей под действием магнитных и электрических сил.

ДЖОЗЕФ ДЖОН ТОМСОН

Особенности взаимодействия заряженных частиц с электрическими и магнитными полями открыли новые сферы их широчайшего применения: в электронике, неузнаваемо преобразившей мир информации и связи, в действующих и проектируемых энергетических установках, например МГД-генераторах и токамаках, в масс-спектрометрии, позволяющей "взвешивать" атомы электрических и магнитных полей. Изучение поведения заряженных частиц в полях привело ученых к объяснению явлений космических масштабов — от колыбельных сияний до процессов, идущих в звездах, и дало возможность заглянуть в тайны микромира с помощью гигантских "микроскопов" — ускорителей элементарных частиц.

Итак, как же ведут себя заряженные частицы в различных полях?

Вопросы и задачи

1. Совпадает ли траектория движения заряженной частицы в электрическом поле с силовой линией этого поля?

2. Протон и α -частица, двигаясь с одинаковыми скоростями, влетают в плоский конденсатор параллельно пластинам. Как различаются отклонения частиц полем конденсатора?

3. В металлической трубе переменного сечения движется электрон. Изменится ли его скорость при прохождении сужения?



4. В центре равномерно заряженного кольца находится точечный заряд противоположного знака.

ка, которому сообщают начальную скорость вдоль оси кольца. Каков характер движения заряда?

5. Может ли потенциальная энергия заряженной частицы в электростатическом поле оставаться неизменной при движении частицы?

6. Мгновенное значение магнитной индукции в распространяющейся вправо электромагнитной волне изображается в некоторой точке вектором, идущим от нас. В какую сторону направлено ускорение неподвижного электрона, оказавшегося в этой точке?

7. Какие из частиц катодных лучей отклоняются на больший угол одним и тем же магнитным полем: более быстрые или более медленные?

8. Как вела бы себя магнитная стрелка, если бы она двигалась параллельно электронному пучку с той же скоростью, что и электроны?

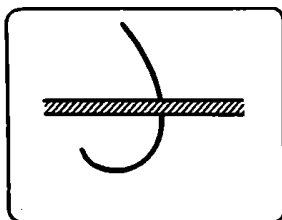
9. Может ли заряженная частица, двигаясь в постоянном магнитном поле, увеличить свою энергию за счет энергии поля?

10. Как будет двигаться заряженная частица в параллельных электрическом и магнитном полях, если ее начальная скорость направлена под некоторым углом к \vec{E} и \vec{B} ?

11. Каков характер движения заряженной частицы вдоль линии индукции однородного магнитного поля?

12. В камере Вильсона, перегороденной твердой пластинкой, замечен след частицы, как показано на рисунке. В какую сторону

⊙
В



двигалась частица? Каков знак ее заряда?

13. Почему северное сияние наблюдается в основном в полярных районах Земного шара?

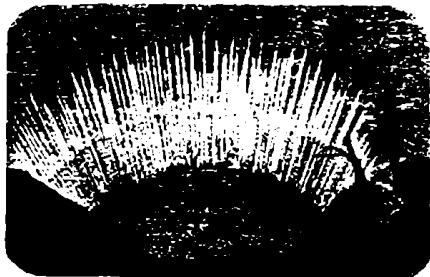
Микроопыт

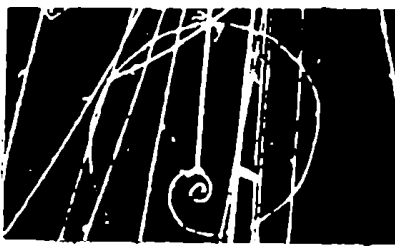
Поднесите постоянный магбелого телевизора. Что произойдет? Почему?

Любопытство, что...

...еще в начале XX века было показано, что магнитное поле Земли может служить своеобразной ловушкой для заряженных частиц. Это подтвердилось при полетах первых искусственных спутников, когда были открыты радиационные пояса Земли — области с большой концентрацией энергичных заряженных частиц.

...способность неоднородного магнитного поля особой конфигурации — так называемых "магнитных пробок" — удержи-





которых входят быстрые протоны и α -частицы. Их энергия достигает колоссальных значений, на много порядков превосходящих возможности современных ускорителей. По гипотезе Ферми, к такому ускорению приводит встреча космических частиц с блуждающими магнитными полями, рожденными в облаках межзвездного газа.

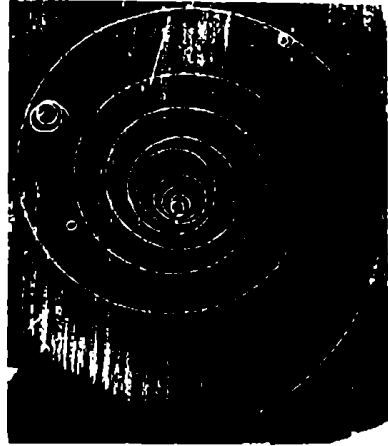
вать заряженные частицы была положена в основу многих термоядерных установок.

...стремление достигнуть все более высоких энергий на ускорителях заряженных частиц заставляет физиков увеличивать размеры установок до циклопических. Так, кольцо сверхпроводящего суперускорителя в США будет длиной более чем восемьдесят километров.

...многие небесные тела — планеты и звезды — обладают собственными магнитными полями. Однако наши ближайшие соседи — Луна, Венера и Марс — не имеют поля, подобного земному. Магнитное же поле Земли "непостоянно" — его полюса "гуляют" со скоростью 5–6 километров в год, это явление называют вековой вариацией магнитного поля.

...на поверхность Земли непрерывно обрушивается поток космических лучей, в состав

...американские астрономы во время полетов на Луну заглядали звездообразные вспышки, которые возникали как при открытых, так и при закрытых глазах. По-видимому, они были обусловлены космическими лучами, вызывающими внутри глаза черенковское излучение — испускание света частицей при ее движении со скоростью, большей скорости света в веществе.





...наш принцип требует, чтобы количество работы, которое получается, когда тела системы переходят из начального положения во второе, и количество работы, которое затрачивается, когда они переходят из второго положения в первое, всегда было одно и то же, каков бы ни был способ перехода, путь перехода или его скорость.

ГЕРМАН ГЕЛЬМГОЛЬЦ

Понятие работы долгое время было на периферии точной науки. Но потребность применять теоретические результаты и методы к задачам прикладного характера заставила осмыслить его и включить в ряды строгих физических понятий. Вот и Гельмгольд использовал понятие работы при формулировании закона сохранения энергии.

Однако особенный интерес вызывает рассмотрение работы, совершаемой в различных физических полях — гравитационном, электрическом, магнитном.

Вопросы и задачи

1. Одинаковую ли работу нужно совершить, чтобы равномерно поднять тело вертикально вверх на высоту H и равномерно переместить то же самое тело по горизонтальному пути на расстояние H ?

2. Тело свободно падает с некоторой высоты. Одинаковую ли работу совершает сила тяжести за последовательные равные промежутки времени?

3. К двум гвоздям, находящимся на одной высоте, прикреплены концы цепочки длиной l и концы двух шарнирно связанных между собой стержней, общая длина ко-

торых тоже l . Чей центр тяжести расположен ниже: цепочки или системы стержней?

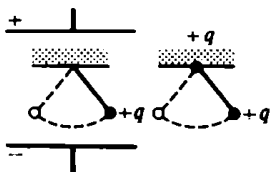


4. Планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого расположено Солнце. В какой точке траектории скорость планеты максимальна и в какой минимальна?

5. Какое электрическое поле — однородное или неоднородное — ближе по своим свойствам к яюлю

силы тяжести у поверхности Земли?

6. Отличаются ли периоды колебаний маятников одинаковой массы и длины в условиях, показанных на рисунке?



7. Найдите работу сил, действующих на грузик математического маятника, за один период его колебаний.

8. Проводящий шар B находится в электрическом поле шара A . Является ли при этом поверхность шара B эквипотенциальной поверхностью?

9. Напряженность поля равномерно заряженной плоскости не зависит от расстояния до нее. Означает ли это, что если под действием такого поля перемещается заряд, то может совершиться бесконечно большая работа?

10. За счет чего увеличивается энергия плоского заряженного конденсатора, не подключенного к источнику тока, если из него удаляется диэлектрик, например в виде тонкой пластины?

11. Конденсатор подключен к аккумулятору. Раздвигая пластины конденсатора, мы преодолеваем силы притяжения между его пластинами и, следовательно, совершаем работу. На что затрачивается эта работа? Что происходит с энергией конденсатора?

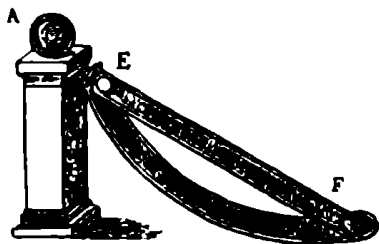
12. Почему сила Лоренца не совершает работы?

13. Одинаковую ли работу необходимо произвести, чтобы вставить магнит в катушку, когда ее обмотка замкнута и когда разомкнута?

14. Если нет перемещения тела, то нет и работы в механическом смысле. На что же расходуется энергия, подводимая к электромагниту, когда он "держит" груз?

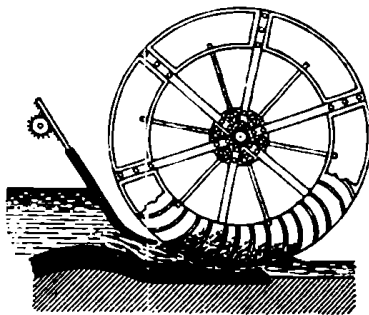
Микроопыт

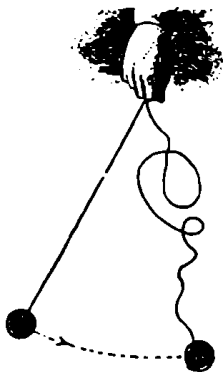
Попробуйте изготовить и испытать модель "вечного двигателя", изображенного на рисунке. Почему этот двигатель не работает?



Любопытю, что...

...понятие работы отсутствовало в механике Ньютона. Не было его и в учебниках физики первой трети XIX века. Однако еще в 1774





10ду в курсе механики Котельникова было дано четкое определение величины "действия", впоследствии названную работой: "Действие машины или действующая посредством ее силы равно тягости, умноженной на перейденный ею путь".

...еще более общее представление о работе, хотя и не очень явное, содержится в книге Лазара Карно. Его сочинение "Опыт о машинах вообще" вышло в 1783 году.

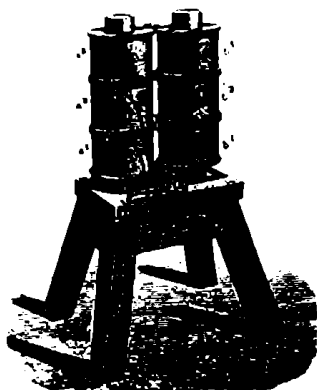
...впервые понятие работы подробно развил в 1826 году Понселе — математик и инженер, бывший, кстати, солдатом наполеоновской армии и русским военнопленным, что не помешало ему позднее стать иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук.

...движение бусинки, соскальзывающей без трения вдоль проволоки произвольной формы, служит хорошей иллюстрацией

факта независимости работы, произведенной над телом, от пути, по которому оно перемещается. Исследование такого рода задач привело физиков XVIII века к введению понятия энергии.

...отмеченное выше свойство независимости работы от пути характерно для так называемых консервативных сил. Оказывается, что все четыре типа фундаментальных сил, действующих между элементарными частицами, являются консервативными.

...в последнее время проявляется все больший интерес к проблеме ускорения не только микрочастиц, но и макроскопических тел электромагнитными полями. Скорость, до которой удалось разогнать грузы массой уже в несколько граммов, близка к первой космической.



Опыты и наблюдения

Опыт — вот учитель жизни вечный.

ИОГАНН ВОЛЬФГАНГ ГЁТЕ

Эта "передышка" — прекрасная возможность заняться физическими опытами. Причем вовсе не обязательно быть вооруженным какими-либо специальными приборами, иной раз достаточно обычной линейки или магнита. А в большинстве случаев приборами могут служить окружающие вас предметы. Стоит лишь взглянуть на известное вам явление с физической точки зрения, "поиграть" с ним, вспомнив кое-что из курса физики, — и многие казавшиеся абстрактными умозаключения станут яснее и доступнее.

Итак, за дело.

1. Если вы хорошо катаетесь на велосипеде, то вам не составит труда выехать с проезжей части улицы на тротуар, подтягивая руль к себе и приподнимая переднее колесо велосипеда. Не напоминает ли это "опыт" Мюнхгаузена, вытащившего себя вместе с лошадью из болота за волосы?

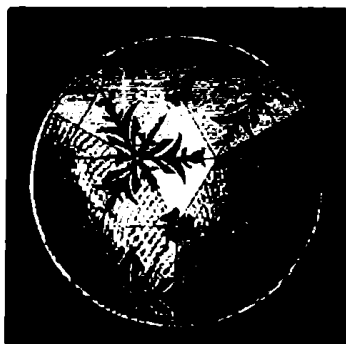
2. Цилиндрическая кастрюля доверху заполнена водой. Как отлить ровно половину воды?

3. Два стекла, побывавшие под дождем, "склеились" так, что их стало очень трудно оторвать друг от друга. Почему? Что нужно предпринять, чтобы разъединить их практически без усилий?

4. Вам известно, что в алюминиевом шарике имеется большой воздушный пузырек. Можно ли узнать, где он находится — в центре шарика или вблизи его поверхности?

5. Чтобы разыскать прокол в надувном матрасе, можно для создания давления положить на него стопку книг. Будет ли струйка воздуха, выходящая из отверстия, столь же интенсивной, если эти книги положить двумя стопками?

6. Почему стук громче, если стучать не в стенку, а в дверь?





7. Как определить диаметр футбольного мяча с помощью деревянной линейки?

8. Налейте в чистую тарелку хорошо прокипяченной воды и набросайте на ее поверхность несколько спичек. Если коснуться воды между спичками кусочком сахара, то они сближаются, если же коснуться мылом – разбегаются в разные стороны. Почему?

9. Развеваящийся на здании одноцветный флаг кажется ночью полосатым, если его подсвечивать с определенного направления, причем полосы все время перемещаются. Как это объяснить?

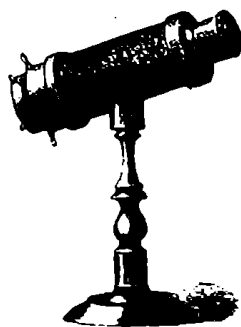
10. Можно ли, не разбирая кофемолку, определить направление вращения ротора ее электродвигателя?

11. Почему в свете фар автомобиля лужа на асфальте ночью кажется водителю темным пятном?

12. Как с помощью сильного магнита определить, постоянным или переменным током питается электролампочка?

13. Если в холодную погоду отлить из термоса часть горячего чая и снова плотно закрыть термос пробкой, то через некоторое время можно обнаружить, что пробка вылетела. Отчего это могло произойти?

14. Известна история, как одну итальянскую студентку спросили на экзамене (а среди экзаменаторов был и знаменитый физик Ферми): "...точка кипения прованского масла выше, чем точка плавления олова. Объясните, почему можно жарить пищу на прованском масле в луженой оловяной кастрюле". Как вы думаете, что должна была ответить студентка?



А так ли хорошо знакомы вам



КОЛЕБАНИЯ



ЗВУК



ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ



ЕМКОСТЬ И ИНДУКТИВНОСТЬ



СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ



ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

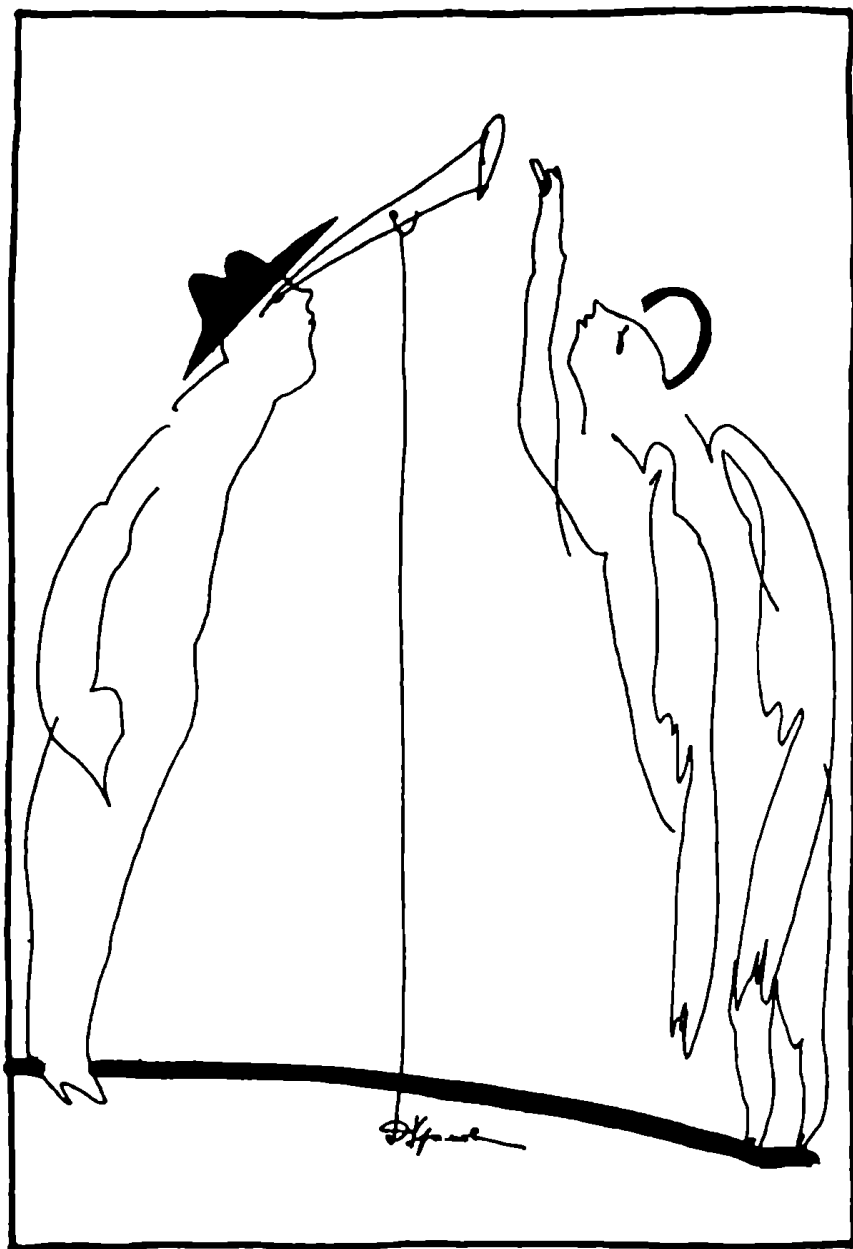


ВОЛНА



?

*“И солнечный свет они нам доставляют
блестящий...”*



Колебания



Наиболее естественная гипотеза состоит в том, что молекулы тела, приведенные в колебание падающим светом, становятся центрами испускания новых волн.

ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС

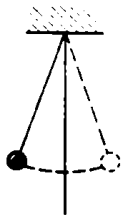
Из приведенных слов Гюйгенса видно, что перечень тел, колебания которых приходится изучать, не исчерпывается маятниками и пружинками. Колеблются здания и фундаменты машин, балки и мосты, провода высокого напряжения и окружающий нас воздух.

Все это — примеры механических колебаний. Но понятие колебаний распространяется и на многие другие процессы и явления — электромагнитные, химические, тепловые.

Примечательно, что законы, описывающие самые различные по характеру и природе колебания, оказываются сходными.

Вопросы и задачи

1. В каком положении шарика нить маятника испытывает наибольшее натяжение?

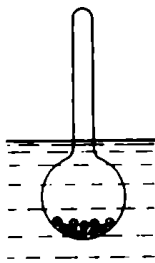


2. Воронка с песком подвешена на нитях. Будет ли меняться период колебаний такого маятника по мере высыпания песка из воронки?

3. Отразится ли на периоде колебаний качелей то, что вместо одного человека на них сядут двое?

4. Сохранятся ли колебания шарика, закрепленного на пружине, если вся система придет в состояние полной невесомости?

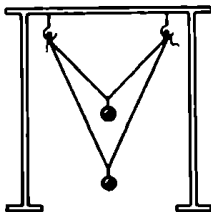
5. Ареометр, состоящий из шарика, заполненного дробью, и цилиндрической трубки, переносят из жидкости с меньшей плотностью в жидкость с большей плотностью. Изменится ли при этом период его вертикальных свободных колебаний? Трение о жидкость не учитывайте.



6. Шарик, закрепленный на пружине жесткостью k , совершает колебания с амплитудой A . Чему равна кинетическая энергия шарика в момент прохождения положения равновесия?

7. Маятниковые часы спешат. Куда их переместить, чтобы они шли верно: опустить или поднять на определенную высоту относительно земли?

8. На штативе подвешены два маятника, как показано на рисунке. Можно ли, не затрагиваясь до маятников, привести в колебательное движение лишь один из них?



9. Соедините нитью середины подвесов двух висящих рядом маятников равной длины так, чтобы нить слегка стягивала их друг с другом. Придерживая один маятник, немного подтолкните другой в направлении, перпендикулярном стягивающей нити. Что произойдет, если теперь отпустить первый маятник? Почему?

10. Известен период колебаний одного из двух маятников разной

длины. Как, не пользуясь секундомером и линейкой, определить период колебаний другого маятника?

11. Вода, которую несут в ведре, начинает сильно расплескиваться. Можно ли прекратить расплескивание, не останавливаясь?

12. Почему не изменяется период колебаний заряженного шарика, если в точке закрепления нити поместить точно такой же заряд?

13. Скажется ли на частоте колебаний железного шарика, подвешенного на нити, помещенный под ним электромагнит?

14. Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре, если: а) в катушку ввести железный сердечник; б) раздвинуть пластины конденсатора?

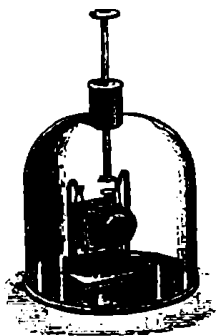
15. За счет чего поддерживается ток в колебательном контуре, когда появляющаяся на конденсаторе разность потенциалов препятствует его протеканию?

Микроопыт

Перекиньте через крючок в потолке шнур, привяжите к одному его концу небольшой груз и, слегка расклав, понемногу "выбирайте" другой конец шнура. Как при этом будет изменяться период колебаний?

Любопытво, что...

...Галилей установил независимость периода колебаний маятника от амплитуды и массы, наблюдая во время бою-



служения в Пизанском соборе за тем, как раскачиваются на длинном подвесе лампы, причем время он измерял по бие-нию собственной пульсы.

...Гюйгенс, создавший в 1657 году маятниковые часы и запатентовавший это изобре-тение, всегда отрицал, что знал об аналогичном проекте Гали-лея. Дело в том, что его отец, секретарь принца Оранского, участвовал в переизобрет Гали-лея с Генеральными штатами Нидерландов и был, в частно-сти, знаком с идеей Галилея о применении маятника в часах.

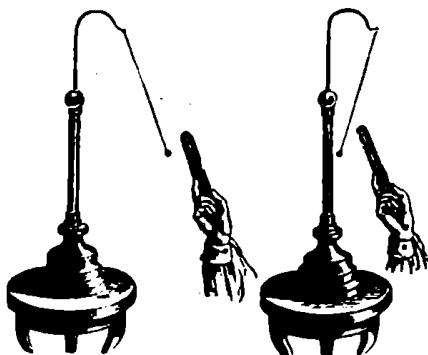
...связь между различными типами колебаний не ускольз-нула и от Ньютона. Так, он, разрабатывая акустическую теорию, показал, что колеба-тельное движение жидкости в U-образной сосуде подобно коле-баниям маятника.

...при проектировании мостов учитывают, что период свобод-ных колебаний моста не дол-жен совпадать с периодом раз-личных возбудений, например строевого шага, поскольку изве-

стен факт, когда ругнул мост при прохождении по нему роты солдат в ногу. Случалось, под-весные мосты разрушались даже из-за того, что из колебания возбуждались сильными ветром, который благодаря аэродина-мическим свойствам моста "поставлял" энергию на резо-нансной частоте.

...обыкновенная муха соверша-ет 352 колебания крыльями в секунду, шмель — 220. Пчела взматывает крыльями 440 раз в секунду, когда летит за медом, и всего 330, когда наруженная возвращается в улей. Против-ный же писк комара соответ-ствует 500–600 взмахам в се-кунду.

...методы илучения гармониче-ских колебаний оказываются применимы даже к экономиче-ским системам. Правда, речь идет о системах, обладающих внутренним механизмом ста-бильности и способных в случае возмущения возвращаться в равновесное состояние.





...теория звука, в обычном ее понимании, охватывает ту же область, что и теория колебаний вообще... Мы, как правило, будем ограничиваться теми классами колебаний, для которых наши уши оказываются готовы и чувствительным инструментом исследования. Не обладая слухом, мы едва ли много больше интересовались бы колебаниями, чем глаз — светом.

ДЖОН РЭЛЕЙ

Физика звука — одна из самых "живых" областей физики. Достаточно сказать, что в акустике (наряду с оптикой) человек долгое время чувствовал себя самым совершенным "прибором". Но постепенно открылось, что мир наполнен и неслышимыми звуками, недоступными нашему уху. И только внимательно наблюдая за живой природой, "оснащенной" заметно богаче нас акустическими средствами, воспроизводя их и создавая новые, искусственные, мы необыкновенно расширили палитру звуков, поставив их себе на службу.

Архитектура, музыка, медицина, техника — вот некоторые сферы использования современных знаний о звуке. Примеры — покалуйста.

Вопросы и задачи

1. Звук артиллерийского выстрела дошел до первого наблюдателя через 3 с, а до второго — через 4,5 с после вспышки. Определите графически местоположение орудия, если расстояние между наблюдателями 1 км.

2. Известно, что если источник звука и человек находятся примерно на одной высоте, то в направлении ветра звук слышен лучше, чем в противоположном. Как это можно объяснить?

3. Почему ветер "воет"?

4. Продольными или поперечными являются волны, возбуждаемые смычком?

5. Давление воздуха в баллоне колеса автомашины можно оценить по звуку, получаемому при ударе по баллону металлическим предметом. Как это можно сделать?

6. Почему у банджо звенящий звук, а у арфы — мягкий, певучий?

Любопытно, что...

...на Руси еще в X веке проводилась "акустическая обработка" внутренностей церковей и трапез. Для этого в их стены и своды закладывались специальные глиняные сосуды — юлосники, служащие резонаторами звуков.

...система звуковых сигналов у некоторых африканских племен была разработана так хорошо, что из можно было считать обладателями телеграфа, причем более совершенного, чем оптический телеграф европейцев, предшествовавший электрическому. Так, сообщение о гибели "Лузитании" — "Большой корабль белых людей потонул, много белых погибло" — прозвучало на барабанном языке через все земли от Каира до Ибадана.

...в замке Вудсток, в Англии, это отчетливо повторяет 17 слогов. А в замке близ Милана — в еще одном "царстве эха" — громко сказанное слово повторяется эхом 30 раз.

...частотный диапазон человеческого голоса намного уже диапазона человеческого слуха (20—20000 герц). Так, самые высокие ноты, до которых "добираются" современные певицы, соответствуют частотам около 2350 герц, а рекорд в области низких частот составляет 44 герца.

...энергия, которую обычно переносят звуковые волны, очень мала. Если бы стакан с водой полностью поглощал всю падающую на него звуковую энергию, соответствующую громкости в 70 децибел (уровень громкой речи), и был бы полностью теплоизолирован от окружающей среды, то для того чтобы нагреть воду от комнатной температуры до кипения, потребовалось бы примерно тридцать тысяч лет.

...секрет ультразвуковой "разглядывания" дельфинами удаленных предметов — в узкой направленности акустических сигналов. Например, черноморские афалины способны безошибочно подплывать к дробишке диаметром 4 миллиметра, брошенной в море на расстоянии 20—30 метров от животного.

...одно из возможных применений ультразвука в медицине основано на возможности его концентрации на чрезвычайно ограниченном участке ткани без влияния на весь остальной организм.

...восьмой раздел второй книги "Начал" Ньютон закончил такими словами: "И в этом состоят главнейшие звуковые явления". Тем самым подчеркивалось, что ему удалось превратить акустическую науку в раздел механики, чем она, кстати, остается и поныне.

Электромагнитная индукция



...надежда получить электричество при помощи обыкновенного магнетизма в разные времена побуждала меня экспериментально изучить индуктивное действие электрических токов.

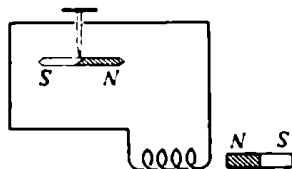
МАЙКЛ ФАРАДЕЙ

Всю свою жизнь Фарадей посвятил доказательству того, что ни один происходящий в природе электрический или магнитный процесс не протекает изолированно. Глубокая вера Фарадея во взаимосвязь всех сил природы привела его после многолетних неудач к уникальному открытию — переменные магнитные поля возбуждают поля электрические. Открытие Фарадея представляло возможность преобразования механической энергии в электрическую, передачи энергии на расстояние и тем самым легло в фундамент современной технической цивилизации.

Работы Фарадея и его последователей позволили шаг за шагом создать единую картину электромагнетизма, которая дает возможность не только объяснить известные факты и наблюдения, но и разобраться с электромагнитными явлениями как космических, так и микроскопических масштабов.

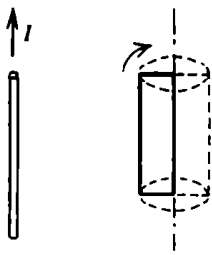
Вопросы и задачи

1. Как нужно двигать магнит, чтобы повернуть стрелку северным полюсом к наблюдателю?



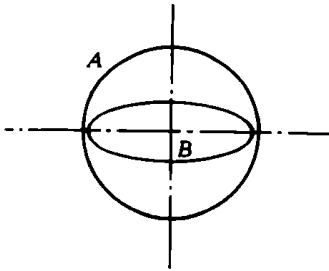
2. Горизонтальная круглая рамка находится в магнитном поле, направленном вертикально вверх. Каково направление индукционного тока в рамке (при наблюдении сверху), если поле уменьшается со временем?

3. При каких положениях рамки, вращающейся с постоянной скоростью около прямолинейного проводника с током, возникающая



в ней ЭДС будет наибольшей? наименьшей?

4. Два круговых проводника расположены перпендикулярно друг к другу. Возникнет ли индукционный ток в контуре A при изменениях тока в контуре B ?



5. В короткозамкнутую катушку сначала быстро, а затем медленно вдвигают магнит. Одинаковый ли заряд переносится при этом индукционным током? Одинаковое ли количество теплоты выделяется в катушке?

6. Как будет падать магнит в длинной медной трубке? Сопротивление воздуха не учитывайте.

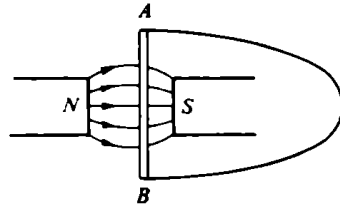
7. Ротор работающего электрогенератора испытывает торможение. Какова природа сил, вызывающих это торможение?

8. Два одинаковых самолета летят горизонтально с одинаковыми скоростями, один — вблизи экватора, другой — у полюса. У какого из них возникает большая разность потенциалов на концах крыльев?

9. Концы сложенной вдвое проволоки присоединены к гальванометру. Почему стрелка прибора остается на нуле, когда проволока пересекает линии индукции магнитного поля?

10. Между любыми двумя точками некоторого контура разность потенциалов равна нулю, хотя ток в контуре существует. В каком случае это возможно?

11. Проводник AB движется так, что по нему идет ток от точки A к точке B . В какой из этих точек выше потенциал?



12. На вертикально расположенной катушке лежит металлическая монета. Почему она нагревается, когда по катушке течет переменный ток, и остается холодной — при постоянном?

13. По прямолинейному проводнику течет ток высокой частоты. Как изменится сопротивление этому току проводника, если ему придать форму соленоида?

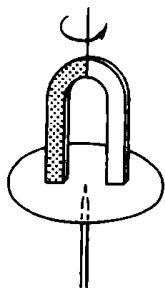
14. Кольцо из сверхпроводника находится вблизи постоянного магнита и пронизывается магнитным потоком Φ . Тока в кольце нет. Каким будет магнитный поток через это кольцо, если убрать магнит?

15. График зависимости ЭДС индукции от времени при равномерном вращении рамки в однородном магнитном поле представляет собой синусоиду. Как изме-

нится график, если частота вращения удвоится?

Микроопыт

Подвесьте подковообразный магнит на нитке над диском из алюминиевой фольги, способным вращаться вокруг оси, проходящей



через его центр. Если раскрутить магнит, то диск начнет вращаться. В какую сторону? Почему?

Любопытно, что...

...Фарадей юдами носил в жилетном кармане маленький полосовой магнит и проводочную катушку как постоянное напоминание о нерешенной проблеме порождения магнитным полем электрического тока.

...в новейших типах электрических машин отсутствуют какие-либо механические подвижные части. В так называемом МГД-генераторе вместо проводочного проводника между полюсами магнита движется плазма, образовавшаяся при сжигании нефти или газа. Носители заряда в плазме отклоняются магнитным полем к электродам, и во внешней цепи возникает ток.

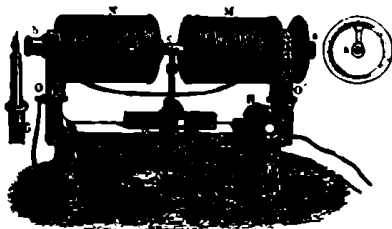
...самостоятельно придать идею электромагнитного враще-

ния, Фарадей с помощью ртутного контакта осуществил непрерывное вращение магнита вокруг проводника с током. Этот первый электродвигатель заработал в декабре 1821 года.

...вихревые индукционные токи (токи Фуко) могут, как и трение, быть не только вредными, но и полезными. Всею лишь три примера: индукционные печи для нагрева и даже плавления металлов, "магнитное успокоение" в измерительных приборах и циркулярных пилах и... всем известный счетчик электрической энергии.

...правило Ленца, определяющее направление индукционного тока, было сформулировано почти сразу после открытия Фарадея — в 1833 году. Сегодня яркое проявление этого правила можно наблюдать в школьной лаборатории, поместив сверхпроводящую керамическую таблетку над магнитом: она будет "парить" над ним.

...переменный ток высокого напряжения индуцирует переменный ток в близлежащих металлических предметах. Человек может получить электрический удар, неосторожно прикоснувшись к такому предмету и подобным образом заземлив его.



Емкость и индуктивность



*Мой новый прибор...
по своим действиям
подражает лейденским банкам
или электрическим батареям
< имеются в виду батареи
конденсаторов – А. В. >,
вызывая такие же сотрясения,
как и они.*

АЛЕССАНДРО ВОЛЬТА

*Искра при открытии цепи будет
сильнее, когда длинную
соединительную проволоку
наматывают на цилиндр в виде
спирали, а еще сильнее, когда
цилиндр будет железный.*

ЭМИЛИЙ ЛЕНЦ



По существу, Вольта и Ленц упоминают известные вам устройства – конденсатор и соленоид, характеристиками которых являются емкость и индуктивность. Интересно, что если первый электрический конденсатор – лейденская банка – появился на свет, можно сказать, не специально, то соленоид был "открыт" Ампером в ходе целенаправленных опытов по исследованию магнитного действия электрического тока. Единицы измерения емкости и индуктивности впоследствии получили имена Фарадея и Генри, чем, надо полагать, физики не только отдали дань знаменитым ученым, но и подчеркнули важность этих понятий.

Безусловно, о емкости и индуктивности можно было бы рассказывать по отдельности. Но история науки распорядилась так, что им пришлось "поработать" и рука об руку. Как только выяснилось, что разряд лейденской банки, а затем и индукционной катушки, носит колебательный характер, в исследовании колебательного контура включилась целая плеяда видных физи-

ков — Гельмгольц, Томсон (лорд Кельвин), Кирхгоф и др. Увенчалось это "наступление" на колебательный контур открытием Герцем электромагнитных волн, что возвестило начало эпохи радио и телевидения.

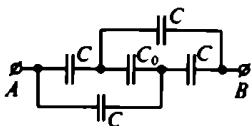
Какой бы областью электро-, радио- и телетехники сегодня мы ни заинтересовались, везде обнаружим либо сами конденсаторы и катушки, либо "отголоски" их присутствия в более совершенных приборах. Так происходит везде, где нам встречаются переменные токи и электрические колебательные процессы.

Вопросы и задачи

1. Какова примерно электрическая емкость вашего тела?

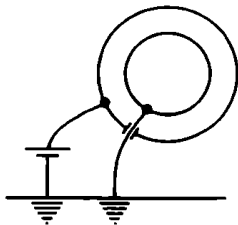
2. Изменится ли емкость плоского конденсатора, если в воздушный зазор между его обкладками ввести незаряженную тонкую металлическую пластину?

3. Найдите емкость системы конденсаторов, включенных между точками *A* и *B*, как показано на рисунке.



4. Пластины заряженного плоского конденсатора попеременно заземляют. Что будет происходить с конденсатором при этом?

5. В системе, изображенной на рисунке, соединяют с землей один раз внешнюю сферу, другой раз — внутреннюю. Будет ли одинакова емкость такого конденсатора в этих случаях?



6. Почему, если параллельно рубильнику включить конденсатор, искрение при размыкании рубильника прекращается?

7. Поверх длинного соленоида вплотную намотана катушка. Ток в соленоиде нарастает прямо пропорционально времени. Каков характер зависимости тока от времени в катушке?

8. В городскую сеть включили катушку с большим числом витков. Измерив протекающий по катушке переменный ток, установили, что ее сопротивление равно 20 Ом. Затем поверх этой катушки намотали точно такую же вторую и включили ее в цепь параллельно первой. Будет ли общее сопротивление катушек составлять 10 Ом?

9. Что произойдет, если трансформатор, рассчитанный на переменное напряжение первичной цепи 127 В, включить в сеть постоянного тока с напряжением 110 В?

10. Колебательный контур состоит из конденсатора постоянной емкости и катушки, в которую могут вдвигаться сердечники. Один сердечник спрессован из порошка магнитного соединения железа (феррита) и является изолятором. Другой изготовлен из

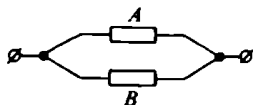
меди. Как изменится частота собственных колебаний контура, если в катушку вдвинуть: а) медный сердечник; б) сердечник из феррита?

11. В колебательном контуре изменили начальную величину заряда на конденсаторе. Какие характеристики возникающих в контуре электрических колебаний изменятся от этого, а какие – нет?

12. Что произойдет, если заряженный конденсатор соединить сверхпроводником в виде катушки с таким же незаряженным конденсатором?

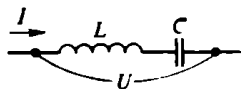
13. Входящий в колебательный контур плоский конденсатор таков, что его пластины могут перемещаться одна относительно другой. Каким образом осуществить "раскачку" контура посредством перемещения пластин?

14. По цепи, изображенной на рисунке, передаются одновременно постоянный ток и ток высокой



частоты. Что нужно сделать, чтобы в ветви *A* проходил только постоянный ток, а в ветви *B* – только высокочастотный?

15. На рисунке показан участок цепи переменного тока. В каком случае напряжение U не зависит от величины тока I ?

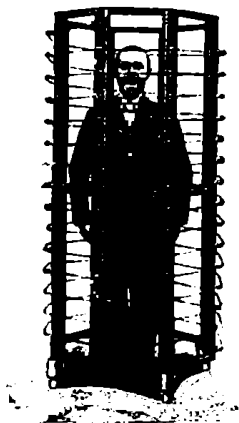


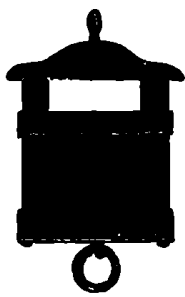
Микроопыт

Ваш приемник может настраиваться на прием радиоволн различной длины. Как вы должны изменять емкость или индуктивность приемного колебательного контура при настройке на более длинные волны?

Любопытню, что...

... немецкий каноник фон Клейст, независимо от голландского профессора Мушенбрука проводивший опыт с лейденской банкой и испытавший ее разряд, пытаясь, по-видимому, использовать ее для получения электризованной воды, считавшейся полезной для здоровья.





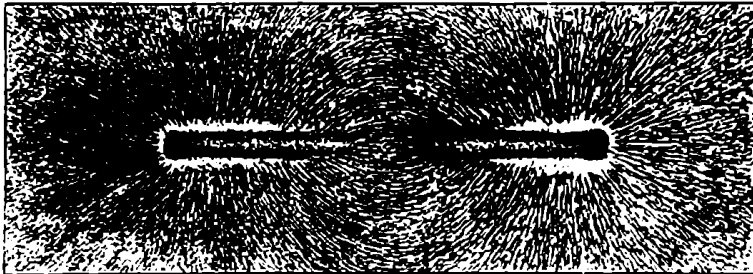
... в 1827 году Савар обнаружил, что после разряда лейденской банки через проволоку, намотанную на железную спицу, последняя часто оказывалась намагниченной. Удивительным же было то, что на одном и том же конце спицы появлялся иногда северный, а иногда южный полюс, хотя банка все время заряжалась одинаково. Объяснение пришло позже — вместе с пониманием колебательного характера разряда.

... Герц не только не помышлял о радиосвязи, но даже отрицал ее возможность. Простительно — ведь даже Жюль Верну с его неистощимой фантазией не удалось предвидеть бес-

проводную связь в романе "Плавающий остров", написанном уже после опытов Герца.

... проблему передачи сигналов на расстояние пытался решить своими, отличными от Попова и Маркони, путем и Резерфорд. Однако, узнав в 1897 году о результатах Маркони, Резерфорд прекратил дальнейшие опыты в этой области и переключился на исследования радиоактивности.

... новый метод получения импульсных сверхсильных магнитных полей с помощью соленоидов будущий академик Капица предложил во время работы в Кавендишской лаборатории. Вот как описывал работу его установок знаменитый американский математик Норберт Винер: "...мощные генераторы... замыкались накоротко, создавая токи огромной силы, пропускавшиеся по массивным проводам, провода шипели и трещали, как рассерженные змеи, а в окружающем пространстве возникало магнитное поле колоссальной силы".



Световые волны



*... мы имеем серьезные основания
сделать заключение,
что сам по себе свет...
является электромагнитным
возмущением в форме волн...*

ДЖЕЙМС КЛЕРК МАКСВЕЛЛ

История утверждения волновой теории света драматична и увлекательна. Господствовавшая до конца XVIII века корпускулярная теория оказалась не способной объяснить такие явления, как интерференция и дифракция, которые столь естественно излагались на волновом языке в XIX веке. Успехи волновой оптики были огромны, они позволили составить более глубокое представление о природе света, увенчавшееся слиянием теории света и теории электромагнетизма.

Волновые представления не охватывают всего многообразия проявлений света, однако когда разговор идет о дифракции и интерференции, дисперсии и поляризации, без них не обойтись. Надеемся, что предлагаемый здесь материал убедит вас в этом.

Вопросы и задачи

1. В однородной прозрачной среде освещенность поверхности, создаваемая лазером, практически не зависит от расстояния до источника света. Как это объяснить?

2. Почему для точного определения показателя преломления вещества пользуются не белым светом, а монохроматическим?

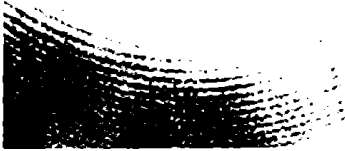
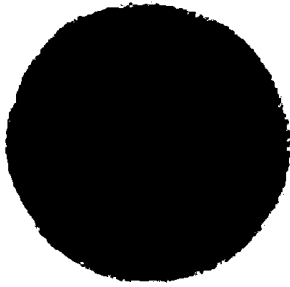
3. Луч белого света переходит из стекла в воздух. Как расположатся преломленные лучи различных цветов по отношению к пер-

пендикуляру, проведенному к границе сред в точке преломления луча?

4. Для каких лучей – красных или фиолетовых – будет больше фокусное расстояние собирающей линзы? рассеивающей?

5. На белом листе красным фломастером написано "отлично" и зеленым – "хорошо". Через какое стекло – зеленое или красное – можно разглядеть оценку "отлично"?

6. Длина волны красного света в воде равна длине волны зелено-



го света в воздухе. Какой цвет увидит человек под водой, если ее осветить красным светом?

7. Если две волны интерферируют друг с другом, то влияет ли одна волна на распространение другой?

8. Можно ли возникновение стоячих волн считать частным случаем интерференции?

9. По мыльной пленке, расположенной вертикально, цветные интерференционные полосы с течением времени смещаются вниз, меняя свою ширину. Отчего это происходит?

10. Лучи света под углом $\alpha = 45^\circ$ падают на тонкую прозрачную пластинку, которая при наблюдении в отраженных лучах кажется окрашенной в зеленый цвет. Покажите, что при уменьшении угла α цвет пластинки должен измениться в сторону красного конца спектра, а при увеличе-

нии угла α — в сторону фиолетового.

11. Отчего во время полного солнечного затмения на поверхности Земли наблюдаются чередующиеся широкие полосы — скользящие тени?

12. Чем меньше отверстие, тем более отчетливое изображение предмета можно получить с его помощью. Но при очень малом размере отверстия резкость изображения вновь падает. Почему?

13. В чем причина того, что частицы размером 0,3 мкм уже не различимы в микроскоп?

14. Известно, что заря красная, а небо — синее. Какие лучи сильнее рассеиваются в атмосфере?

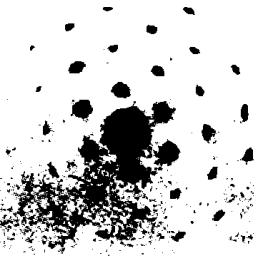
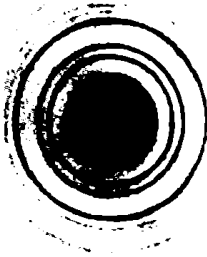
Микроскоп

В кусочке алюминиевой фольги сделайте бритвой разрез длиной 3–5 см и посмотрите одним глазом сквозь щель на матовую лампочку. Что вы будете наблюдать?

Любопытно, что...

... еще в 1678 году Гюйгенс опубликовал свой "Трактат о свете", в котором выдвинул предположение, что, говоря современным языком, свет является волной. Однако авторитет Ньютона, придерживавше-





юся корпускулярной точки зрения, был столь велик, что в журнале Королевского общества не появилось даже рецензии на книгу Гюйенса.

... даже в начале XIX века все объяснения поляризации света давались на корпускулярном языке и считались превосходными подтверждением теории Ньютона.

... термин "интерференция" впервые ввел в 1803 году Томас Юнг. Тогда же, исходя из своего принципа интерференции, он объяснил, в частности, возникновение "колец Ньютона".

... еще в 1832 году Фарадей высказал предположение о свете как о распространении магнитного возмущения с конечной скоростью. Но письмо с изложением гипотезы лежало запеча-

танным в архиве Королевского общества до 1938 года.

... факт исключительной важности о независимости скорости света от движения источника света был установлен в 1887 году с помощью интерферометра, созданного Майкельсоном.

... голографический снимок, который выглядит наподобие фотографического негатива на пластинке, представляет собой не что иное, как объемную запись интерференционной картины и может служить наглядной иллюстрацией волновой природы света.

...обычно молнию рисуют бьющей сверху вниз. Между тем в действительности свечение начинается снизу и уже затем распространяется по вертикальному каналу. Молния, точнее — видимая ее фаза, оказывается, бьет снизу вверх!



Электромагнитные волны



Описанные эксперименты, как, по крайней мере, кажется мне, устраняют сомнения в тождественности света, теплового излучения и электродинамического волнового движения.

ГЕНРИХ ГЕРЦ

Как ни удивительно, с этими волнами человечество было знакомо с незапамятных времен. Люди грелись, еще не называя тепловые лучи инфракрасными, загорали, не подозревая, что на их кожу воздействует ультрафиолетовое излучение. Да в конце концов они видели! И не только видели, но уже и экспериментировали со светом как с волнами.

Догадки о том, что все эти виды излучений имеют одну — электромагнитную — природу, постепенно выстраивались в научную теорию. Достижения своих великих предшественников, и прежде всего Фарадея, синтезировал в 1865 году Максвелл, предсказав, в том числе, и возможность передачи информации без проводов.

Ныне, когда прошло немногим более ста лет после создания максвелловской теории, электромагнитные волны доносят до нас не только радио- или телесигналы. Человек овладел возможностью создавать и принимать излучения, соответствующие любой части необыкновенно широкой электромагнитной шкалы — от низкочастотных колебаний до гамма-излучения. Невидимые — микроволновые и ультрафиолетовые, инфракрасные и рентгеновские — лучи "озвучили" для нас неуловимые ранее "разговоры" атомов и молекул, звезд и галактик.

К сожалению, сейчас мы сможем "коснуться" лишь нескольких участков этой гигантской шкалы.

Вопросы и задачи

1. Почему антенны автомобильных радиоприемников устанавливают, как правило, вертикально?
2. Почему при связи на корот-

ких волнах образуются так называемые зоны молчания?

3. Почему станции длинноволнового диапазона ночью можно принимать на гораздо

большем расстоянии, чем это уда-
ется днем?

4. Почему нельзя осуществлять
радиосвязь с подводной лодкой,
когда она находится под водой?

5. Для чего радиолокация
впервые была применена в астро-
номии?

6. Почему устойчивый прием
телевизионных сигналов возможен
только в пределах прямой види-
мости?

7. Почему температура всех тел
в неотапливаемом закрытом поме-
щении становится одной и той же?

8. Испускает ли красные лучи
кусок железа, нагретый до белого
каления?

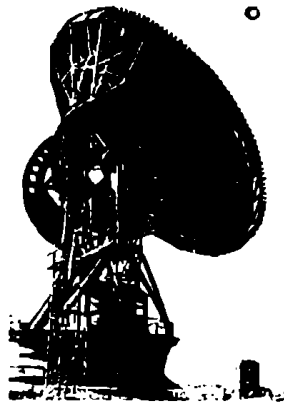
9. Почему стеклянная призма
непригодна для получения спек-
тров инфракрасного и ультрафи-
олетового излучения?

10. На фотографиях местности,
сделанных с самолета, можно чет-
ко разделить маскировку под зе-
лень и естественную зелень, не-
различимые при непосредственном
наблюдении. Отчего?

11. Почему сплошной рентге-
новский спектр, искажаемый
рентгеновской трубкой, имеет рез-
кую границу со стороны коротких
волн?

12. Можно ли рентгеновские
лучи, применяемые для обнаруже-
ния дефектов изделий, заменить
гамма-лучами, искажаемыми ра-
диоактивным элементом?

13. Почему для применения
рентгеновских лучей в медицине
и технике необходимо, чтобы пучок
электронов в рентгеновской
трубке ударял в одну точку анти-



катада, а не падал бы на него
широким пучком?

Микроопыт

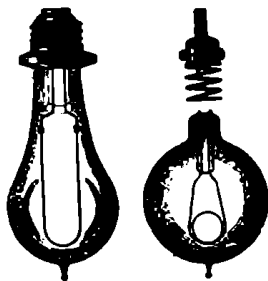
Понаблюдайте за работой ком-
натного электрического обогрева-
теля, состоящего из накаливаемой
спирали и хорошо полированной
вогнутой металлической поверхно-
сти. Как вы думаете, каково
предназначение этой поверхности?

Любопытю, что...

*... в соответствии с домакс-
велловскими представлениями,
электрическое и магнитное по-
ле должны были исчезать при
обращении тока в нуль.*

*... распространенное мнение
о том, что Герц ставил свои
опыты для подтверждения тео-
рии Максвелла, ошибочно. Пер-
воначально Герц был скорее
противником этой теории и
признал ее лишь под давлением
или же самими полученными до-
казательствами.*

*... переход от электрической
лампы накаливания с угольной
нитью к современной лампе с*



вольфрамовой нитью для возможность повысить температуру нити всего лишь на 400 К. Однако это увеличило долю энергии, приходящейся на излучение в видимой части спектра, более чем в 3 раза — от 0,5% до 1,6%.

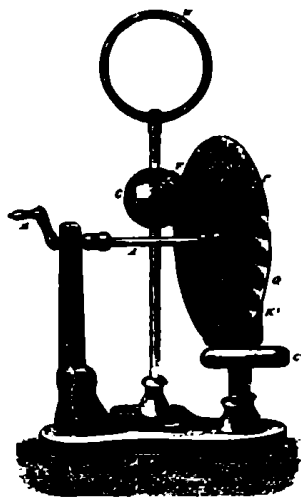
... невидимые для человека инфракрасные и ультрафиолетовые лучи широко используются для ориентации в живой природе. Так, некоторые змеи чувствуют колебания температуры в одну десятую градуса на расстоянии в полметра. Пчелы же "видят" ультрафиолетовые лучи, указывающие на расположение нектарников в цветках.

... начало радиоастрономии связано с работами инженера американской компании "Bell" Янскою, экспериментировавшего в 1931 году с вращающейся радиоантенной для выяснения помех коротковолновой радиотелефонной связи. Шум, который он исследовал, шел, по всей

видимости, из центра нашей Галактики.

... параболические антенны современных радиотелескопов обладают невероятной чувствительностью — они способны уловить потоки энергии плотностью менее 10^{-28} Вт·с/м².

... в рентгеновской астрономии для исследования самых жестких гамма-квантов используются... оптические телескопы. Дело в том, что при прохождении через атмосферу такие гамма-кванты вызывают появление электронов большой энергии, возбуждающих знаменитое "черенковское" излучение, которое в конце концов и регистрируется оптическим телескопом.





Свет, электричество и магнетизм, квантовая физика – всюду мы имеем дело с волнами, подобно тому, как имели дело с частицами в механике Декарта, Галилея и Ньютона.

ЛЕОН КУПЕР

Волна – это одно из самых замечательных понятий в физике, встречающееся в самых разных проявлениях практически во всех ее областях. Волны распространяются по поверхности океанов и в их толще, в межзвездной среде и в кристаллических решетках, бегут по проводам линий электропередач, доносят до нас многообразие цветов и обилие звуков. Существуют волны песчаные и волны на снегу. Землетрясения и океанские цунами – тоже волновые движения, только гигантских масштабов.

Есть волны, которые еще не стали привычными и для самих физиков, например волны в транспортных потоках, в химических реакциях, в сердце и нервной системе, в сообществах биологических организмов, в звездных системах – галактиках. По образному выражению ученых, волны "разбежались" из физики и охватили едва ли не все множество процессов в живой и неживой природе.

И самое интересное – волны различного происхождения математически схожи, т. е. могут быть описаны одними и теми же уравнениями.

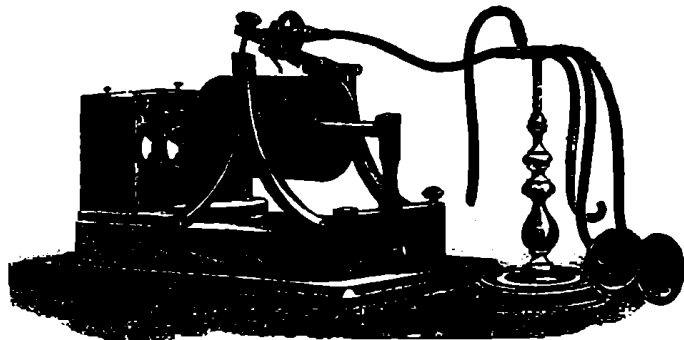
Вопросы и задачи, наблюдения и эксперименты

1. Почему басовые струны музыкальных инструментов оплетают спиралью из проволоки?
2. Что именно колеблется в электромагнитной волне?
3. Приближаясь к берегу, морские волны "растут", достигая

иногда высоты в десятки метров. Отчего это происходит?

4. Бывает, что ветер дует вдоль пологого берега, а волны все равно подходят перпендикулярно к нему. Как это можно объяснить?

5. Разговор стоящих за приоткрытой дверью людей может быть слышен, но их мы не видим. По-



чему же звуковые волны достигают нас, а световые – нет?

6. Одна половина полоски закрашена в фиолетовый цвет, а другая – в красный. Что можно увидеть, глядя на полоску через стеклянную призму, преломляющее ребро которой параллельно полоске?

7. После нанесения мельчайшей штриховки пуговицы могут приобрести радужную окраску – стать перламутровыми. Почему?

8. В круглый сосуд с водой (ведро, таз, тарелка) бросают маленький предмет, стараясь попасть в центр. Как проверить точность броска?

9. Что произойдет, если веревку оттянуть, как показано на рисунке, а затем освободить?



10. Как объяснить расцветку крыльев стрекозы? Почему она меняется, если наблюдение вести под разными углами?

Любопытю, что...

... Леонардо да Винчи, предвзяв время, видел о

волновом движении наиболее естественный процесс. Он создал теорию движения волн на море и считал, что свет, звук, цвет, запах, магнетизм и даже мысль распространяются волнами.

... в своей "Системе мира" Ньютон обсуждал, как при помощи наложения волн можно объяснить появление в некоторых местах, например в Токкинской заливе, одного прилива в сутки вместо положенных двух.

... общий подход к объяснению разнородных волновых процессов наметил Юнг в 1800 году в трактате под красноречивым названием "Опыты и проблемы по звуку и свету".

... в 1816 году Лаплас пришел к идее сопоставления экспериментального значения скорости звука в воздухе и теоретического значения по формуле Ньютона. Это позволило впервые найти отношение удельных теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.

... в художественной литературе иногда удивительно точно воспроизводятся физические эффекты. Вот например: "Из

кухни стало слышно, как из открытой водопровода суго застрекотала струя, которая от подставленной под нее кастрюли перешла в звенящий, тоннально повышающийся, гул". Это цитата из "Романа с кокаином" М. Агеева, под именем которого, как подозревают серьезные литературоведы, скрывался знаменитый писатель Владимир Набоков.

... звуковая волна, выйдя из одного фокуса эллипсоида и отразившись от его поверхности, придет в другой фокус. Эту особенность кривых поверхностей знали давно, и во времена инквизиции использовали сводчатые потолки для подслушивания подозрительных разговоров.

... волнение, даже очень сильное на поверхности воды, быстро затухает по мере погружения. На глубине, равной нескольким длинам волн, не остается почти никакого движения.

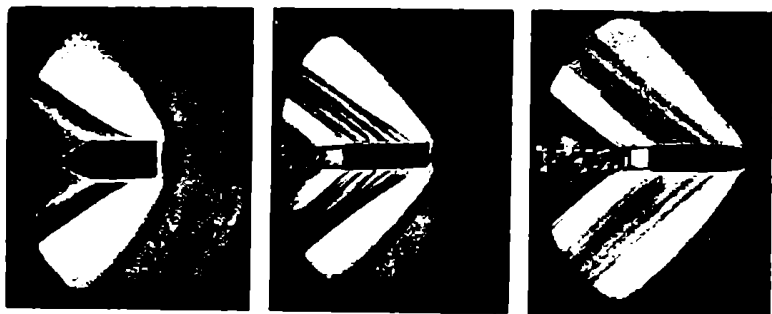
... сведения о каждом подземном толчке доставляются сейсмическими волнами трижды. Сначала приходят внутренние волны — продольная и поперечная, а затем — поверхностная (наиболее интенсивная) волна.

... звуковые волны с поверхности Земли не распространяются на высоту более 2,5–3 километров — переходя в воздух с меньшей плотностью, они преломляются и, забывшись, возвращаются на Землю.

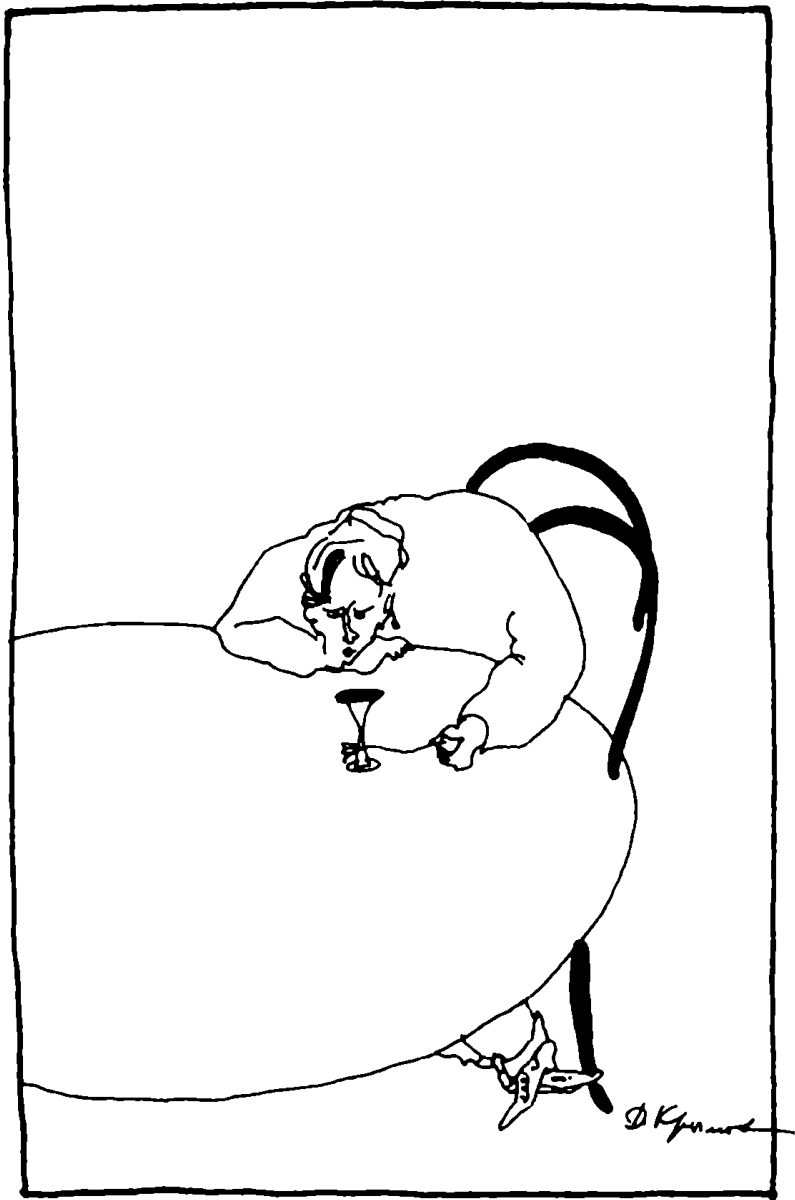
Рассказывают...

— Императрица Елизавета, дочь Петра I, пожелала, чтобы торжественный момент ее коронации был отмечен артиллерийским салютом в Петербурге. А по закону коронация русских царей проходила в Москве. Нужно было придумать способ оповещения о моменте возложения короны на голову императрицы.

И вот на всем пути от Москвы до Петербурга были выстроены солдаты на расстоянии около 100 метров друг от друга. У каждого из них в руке был флажок. В момент коронации первый солдат взмахнул флажком, следующий повторил его движение, за ним — все остальные. Через 10–20 минут известие о коронации дошло до Петербурга. Можно сказать, что вдоль цепи солдат перемещалось изменение их состояния, на научном языке — распространялась волна.



“Чем отличишь ты тогда наименьшую вещь
от Вселенной?..”



А так ли хорошо знакомы вам



ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ



СПЕКТРЫ



КВАНТ



АТОМ И АТОМНОЕ ЯДРО



ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ



АСТРОНОМИЯ



?

Отражение и преломление



Прозрачные вещества действуют на лучи света на расстоянии, преломляя, отражая и изгибая ит...

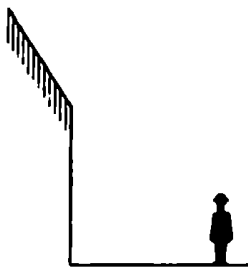
ИСААК НЬЮТОН

Эти понятия, такие простые на первый взгляд, представляют один из важнейших разделов физики — оптику. В этой области, как ни в какой другой, с самого начала были получены столь крупные научные результаты, что они и по сей день сохранили свое значение. Вот почему исследования по оптике оказали большое влияние на становление других разделов естествознания, заставили пересмотреть основные положения классической физики и сыграли существенную роль при зарождении теории относительности и квантовой теории.

Хотелось бы надеяться, что этот сюжет "Калейдоскопа" поможет вам по-иному взглянуть на некоторые привычные явления и приборы, например на линзу или фотоаппарат, а может быть, побудит серьезно задуматься о механизме человеческого зрения — в общем, позволит открыть для себя и в оптике что-то новое и интересное.

Вопросы и задачи

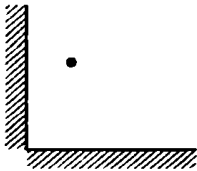
1. Почему блестят воздушные пузыри в воде?
2. Почему даже в чистой воде человек видит плохо?
3. На стеклянную лупу падает пучок лучей, параллельных главной оптической оси. Через какую часть лупы — центральную или периферийную — прохождение света будет более полным?
4. Человек приближается к плоскому зеркалу со скоростью 2 м/с. С какой скоростью он приближается к своему изображению?
5. Луч прожектора в тумане виден хорошо, а в ясную погоду — хуже. Почему?
6. Постройте изображение человека в плоском зеркале в случае, показанном на рисунке.



7. Выпуклые зеркала сильно искажают форму предметов. Почему же рядом с кабинами водителей транспорта устанавливают именно такие зеркала?

8. Почему днем не видно звезд?

9. Сколько изображений точки можно получить в системе двух взаимно перпендикулярных зеркал?



10. Почему в тонкостенном стакане с водой ложечка кажется увеличенной?

11. Чтобы лучше видеть, близорукие люди щурят глаза. Зачем?

12. На какой угол повернется луч, отраженный от плоского зеркала, при повороте зеркала на угол α ?

13. Точечный источник света и два его изображения, даваемые двумя зеркалами, лежат в вершинах равностороннего треугольника. Определите расположение зеркал относительно источника и угол между ними.

14. В глазу собеседника можно

увидеть свое изображение в прямом и уменьшенном виде. Как оно возникает?

15. Желая получить снимок зебры, фотограф снял белого осла, надев на объектив фотоаппарата стекло с черными полосками. Что же вышло на снимке?

Микропыт

Предложите опыт, с помощью которого можно отличить очки для дальних от очков для близких. Проведите его.

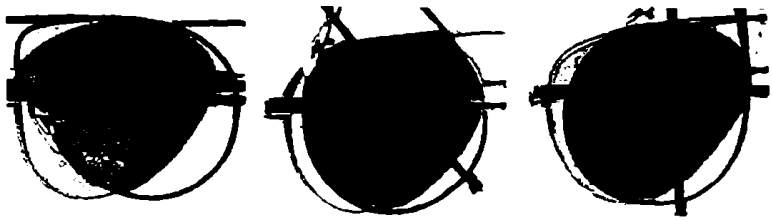
Любопытно, что...

... по-видимому, именно пифагорейцы первыми выдвинули гипотезу об особом флюиде, который испускается глазами и как бы "ощупывает" предметы, давая их ощущение. Атомисты же были сторонниками испускаемых предметами "призраков", или "образов", которые, попадая в глаза, приносят душе ощущение формы и цвета.

... единственное выражение, сохранившееся от оптической теории Платона и бытующее сейчас, правда, в переносном смысле, — "свет очей".

... весьма точные измерения углов преломления света в разных средах произвел еще Птолемей. Однако установить соотношение между углами падения и преломления ему не удалось.

... еще средневековые ученые, поставив проблему построения изображения в глазу, вынуждены были отказаться от ее решения, испуганные ее следствиями. Действительно, видел ли



кто-нибудь когда-нибудь мир перевернутым? И лишь Леонардо да Винчи, описывая камеру-обскуру, заметил: "То же происходит и внутри глаза!"

... до сих пор точно неизвестно ни время, ни место изобретения увеличительных стекол. То, что открытие было сделано ремесленниками, выдает народное происхождение слова "линза" от слова "чечевица".

... одной из наибольших удач Декарта как экспериментатора были его опыты по исследованию образования радуги. И по сей день в научных работах приводится объяснение радуги по Декарту.

... Ферма, установивший основной принцип геометрической оптики (принцип Ферма), настойчиво доказывал ошибочность закона преломления Декарта. Каково же было его удивление, когда, опираясь на свой принцип, Ферма нашел закон, буквально совпадающий с законом Декарта!

... своей известностью, причем не только в научных кругах, Ньютон при жизни более всего был обязан своим оптическим исследованиям, а самым популярным его произведением была "Оптика", которая в течение десятилетий оставалась энциклопедией науки о свете.

... многие ученые, начиная с Галилея, сами изготовляли оптические приборы и обрабатывали поверхности стекол. Это и Торричелли, владевший, как полагают, интерференционным методом проверки качества поверхностей, и основатель микробиологии Левенгук, изготовлявший превосходные микроскопы, и Ньютон, собственноручно и с необыкновенным терпением шлифовавший линзы для телескопов.

... полное внутреннее отражение света в естественных линзнокристаллах является более совершенным, чем отражение от специально изготовляемых металлических зеркал, где всегда происходит некоторое поглощение энергии падающего пучка.



Я не колеблясь утверждаю, что один только взгляд на призматический спектр дает возможность указывать на присутствие... мельчайших количеств вещества...

УИЛЬЯМ ТАЛЬБОТ

С открытия Ньютона, разложившего белый свет на составляющие цвета и собравшего их вновь воедино, началась наука о цвете. Он же ввел и понятие спектра. Вопрос о происхождении и природе спектров многие десятилетия не привлекал к себе должного внимания исследователей. Случайно наблюдая спектральные линии в самых разнообразных условиях, они не делали никаких выводов. Так было до тех пор, пока в середине XIX века Кирхгоф не связал прочно спектральные линии с химическим составом излучающего или поглощающего вещества и не разработал совместно с Бунзеном метод спектрального анализа.

Последующие годы принесли массу открытий, поток которых не иссякает и по сей день. Так, многие клеточки периодической таблицы элементов оказались заполненными благодаря спектральному анализу. Без спектроскопии не обходится астрономия, накопившая с ее помощью много новых знаний о Вселенной, о физических свойствах звезд, их химическом составе и движении. Изучение спектров проложило дорогу и в мир атомов, и в мир галактик. Вот – лишь несколько шагов по этому увлекательному пути.

Вопросы и задачи

1. Почему белый свет, пройдя через оконное стекло, не разлагается на составные цвета?

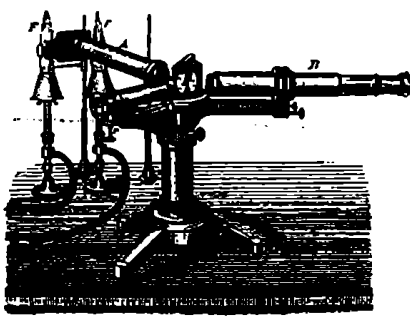
2. Какие изменения в спектре лампы наблюдаются при ее постепенном накаливании?

3. Рядом с горячей электрической лампой помещены два стекла – красное и синее – с при-

крепленными к ним кусочками воска. От какого из стекол скорее отпадет воск?

4. Какую окраску принимают предметы при освещении их монохроматическим светом натриевой лампы?

5. Если изделие из керамики, на светлом фоне которого сделан темный рисунок, поместить в печь



Микроопыт

Накапайте несколько капель молока в стакан с водой и посмотрите сквозь него на горящую лампочку. Какого цвета покажется она вам? Теперь посмотрите сбоку на свет, отраженный от стакана. Каков его цвет?

с высокой температурой, то будет виден светлый рисунок на темном фоне. Почему?

6. Каков спектр поглощения черного вещества?

7. Чем меньше длина волны, тем быстрее меняется показатель преломления вещества при изменении длины волны света. Как это отражается на спектре, полученном с помощью стеклянной призмы?

8. Какие источники света — синие, зеленые или красные — должны быть менее заметны с большой высоты, например из кабины самолета?

9. Видимая днем Луна имеет чистый белый цвет, а после захода Солнца она принимает желтоватый оттенок. Почему?

10. Могут ли красные лучи вызвать люминесценцию?

11. Каким образом в театрах незаметно для зрителей вызывают свечение декораций?

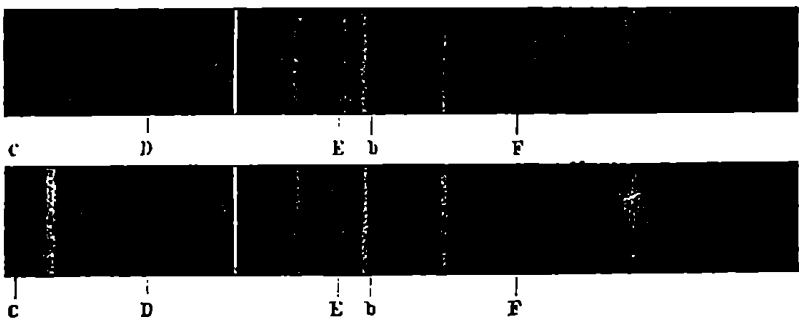
12. Можно ли методами спектроскопии обнаружить антиматерию — предполагаемые скопления материи, в которых ядра атомов состоят из антипротонов и антинейтронов, а их оболочки — из позитронов?

Любопытно, что...

...после того как спектральный анализ показал наличие в атмосфере Солнца многих химических элементов, в том числе и золота, один из приятелей Кирхгофа заметил ему: "Ну и что толку от вашего солнечного золота? Ведь его все равно не доставить на Землю!" Прошло несколько лет, и Кирхгоф получил золотую медаль за свои замечательные исследования.

...в 1910 году молодой австрийский физик Гааз предпринял первую попытку построения квантовой теории водородного атома. Однако видные ученые признали "наивной" попытку Гааза сочетать столь "несовместимые" вещи, как спектро-





скопия и квантовая теория. Его диссертация была провалена.

...только 9% энергии солнечного излучения несут с собой ультрафиолетовые лучи, 44% энергии приходится на видимую часть спектра, остальные 47% своей энергии Солнце посылает нам в виде инфракрасных лучей.

...спектральный состав света, излучаемого звездой, зависит от температуры ее поверхности. Чем выше температура звезды, тем меньше длина волны, на которую приходится максимум в спектре ее излучения. Поэтому одни звезды кажутся нам красными, другие — белыми, а третьи — голубыми.

...на мошле Фраунгофера, открывшего темные линии в спектре Солнца и изучавшего спектры планет и звезд, признавательные соответственники воз-

делили памятник с надписью "Приблизил звезды".

...согласно эффекту Доплера, у движущегося источника волн спектр сдвигается в сторону длинных или коротких волн в зависимости от того, удаляется или приближается источник к наблюдателю. Как это ни поразительно, именно этот эффект, открытый около 150 лет назад, явился важным доказательством одного из самых интересных результатов современной физики — вывода о том, что наша Вселенная непрерывно расширяется.

...используемые в лазерной спектроскопии лазеры с пере-страиваемой частотой дают возможность обнаруживать отдельные атомы элемента при концентрации порядка 100 атомов на 1 см³ объема газа.



... квант действия должен был играть в физике фундаментальную роль... появление его возвещало нечто совершенно новое, до того неслыханное, что, казалась требовало преобразования самых основ нашего физического мышления...

МАКС ПЛАНК

Непривычно говорить о кванте на страницах родственного "Кванту" издания. Однако этот физический персонаж, ровестник XX века, произвел целую революцию в умах и заставил пересмотреть, казалось бы, уже незыблемые волновые представления о свете. Эту непростую "эволюцию сознания" пришлось пройти в начале века многим ученым, а гипотеза квантов-фотонов, объясняя различные эффекты, обрастая экспериментальными подтверждениями и новыми идеями, превратилась в квантовую теорию света. Так физика вновь включила в себя концепцию, предложенную Ньютоном за 200 лет до этого. Окончательную же победу эта теория одержала в конце двадцатых годов после создания квантовой механики и объединения с волновой теорией света.

Приглашаем и вас поразмышлять о необыкновенных — и квантовых, и волновых — свойствах света, да и не только его.

Вопросы и задачи

1. Во что преобразуется при внешнем фотоэффекте энергия падающего на тело света?

2. Освещают две электрические нейтральные пластинки, одну — металлическую, другую — полупроводниковую. Останутся ли пластинки нейтральными при возникновении фотоэффекта?

3. Где — на фотобумаге или на фотопленке — химические процес-

сы могут вызываться фотонами меньшей энергии?

4. Можно ли фотографировать в совершенной темноте?

5. Отличаются ли давления света, производимые на идеально белую и идеально черную поверхности?

6. Можно ли светом удерживать грузы?

7. Если комета видна на небе с

вечера, то в какую сторону направлен ее хвост?

8. При аннигиляции позитрона с электроном образуются два γ -кванта. В каком случае энергии этих квантов будут равны и они станут двигаться в противоположных направлениях?

9. Может ли фотон, обладающий достаточной энергией, превратиться в электрон-позитронную пару?

10. Способен ли свободный электрон поглотить квант света?

11. Исследуя монохроматический световой поток, можно узнать импульс составляющих его фотонов. Какую характеристику света нужно для этого определить экспериментально?

12. Фотон и электрон обладают одинаковой кинетической энергией. Кто из них имеет большую длину волны?

Микроопыт

Закрепите на стержне электрометра цинковую пластинку. Можете ли зарядить ее положительно, не прикасаясь к ней?

Любопытно, что...

...фотон, пожалуй, единственная элементарная частица,

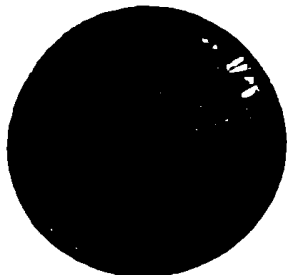
для которой нельзя указать "автора" ее экспериментально открытия.

...удачное название "фотон" в 1929 году присвоил частицам, называемым до этого "зернами энергии", "квантами света", "порциями" или "пустышками", Комптон, открывший эффект, послуживший первым прямым опытным доказательством корпускулярных свойств излучения.

...Столетову удалось, руководствуясь одной лишь физической интуицией, установить практически все законы фотоэффекта, когда не только не существовало гипотезы квантов, но и даже не был открыт электрон.

...основной закон фотоэффекта, сформулированный Эйнштейном, был подтвержден опытами Милликена, резко настроенного против теории Эйнштейна и не скрывавшего этого.

...световое давление играет огромную роль в природе: оно, например, препятствует гравитационному сжатию звезд, влияет на образование кометных хвостов, сокращает время жизни искусственных спутников Земли. Сегодня обсуждаются проекты межпланетных кораб-



лей-парусников, приводимых в движение "солнечными ветрами".

...за одну секунду на квадратный сантиметр земли поверхности падает огромное число "солнечных" фотонов — примерно $3 \cdot 10^{17}$. В то же время в опытах с элементарными частицами чувствительные детекторы регистрируют один фотон. И даже человеческий глаз в принципе способен на это.

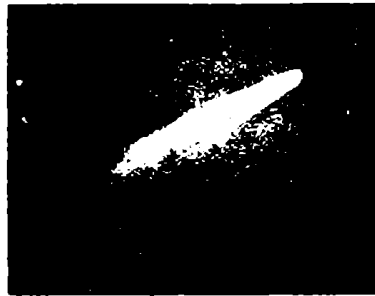
...Планк, будущий автор одной из наиболее революционных физических теорий, придерживался весьма консервативных научных воззрений. А Эйнштейн, автор гипотезы световых квантов, советуя (в 1925 году) ознакомиться с диссертацией де Бройля, выдвинувшего дикую по тем временам идею о том, что электроны обладают свойствами волн, сказал: "Прочтите ее! Хотя и кажется, что ее писал сумасшедший, написана она солидно".

...мировое пространство заполнено миллиметровыми радиоволнами, которые можно рассматривать как холодный фотонный газ с плотностью около 500 частиц в 1 см^3 . По современным представлениям это излучение (его называют реликтовым) возникло на ран-

них стадиях развития Вселенной, когда вещество находилось при огромных температуре и давлении, и в нынешнее состояние пришло по мере расширения Вселенной.

...пытаясь построить теорию атома — объяснить его устойчивость и спектральные закономерности, — Бор воспользовался теми принципами классической физики, которые были ему нужны, и добавил к ним два неклассических постулата. Смесь была несомненной, однако в результате получилась удивительно успешная теория атома водорода.

...электрон в атоме водорода, если провести расчет по модели Резерфорда, движется с чудовищным ускорением, на 23 порядка превышающим ускорение свободного падения.



Атом и атомное ядро



... рассеяние назад... невозможно получить... если не считать, что основная часть массы атома сконцентрирована в небольшом ядре. Именно тогда у меня возникла идея атома с крошечным тяжелым центром, несущим за

ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД

Наверное, справедливо полагать, что идея атомарного строения вещества возникла из давнего стремления человека как-то упорядочить окружающий его мир. Поиски вечной и неизменной материи, из элементов которой состоят все тела, начались в глубокой древности, продолжались столетиями, не прекращаются и сегодня. Окончательного ответа нет до сих пор, но какие находки обнаружались на этом пути! Сложное строение атома, ядро которого, в свою очередь, оказалось составным. Причем из таких частиц, которые сами по себе, вне ядра, не способны существовать продолжительное время. Радиоактивность, взаимопревращаемость частиц, цепные и термоядерные реакции...

Несколько последних десятилетий ознаменовались потоком открытий, радикально изменивших взгляды ученых на строение материи и поставивших массу новых проблем. Принципиально преобразился физический эксперимент, осуществление которого зачастую требует усилий сотен и тысяч людей. Необыкновенно разнообразными оказались практические приложения методов атомной и ядерной физики.

Попытаемся лишь очертить контуры огромного мира, скрытого в мельчайших частицах материи.

Вопросы и задачи

1. Сколько квантов с различной энергией может испускать атом водорода, если его электрон находится на третьем энергетическом уровне?

2. Имеется ли связь между частотой обращения электрона

вокруг ядра атома водорода и частотой его излучения?

3. Каким образом в электронной оболочке атома проявляется стремление к минимуму потенциальной энергии?

4. Бомбардируя атомы бора ${}^11_5\text{B}$ быстрыми протонами, в каме-

ре Вильсона получили три пути одинаковых следа частиц, направленных в разные стороны. Каким это частицы?

5. Почему не все виды радиоактивности сопровождаются изменением химических свойств вещества?

6. В каких случаях активность радиоактивного препарата можно считать постоянной величиной?

7. Что продолжительнее: три периода полураспада или два средних времени жизни ядер одного и того же радиоактивного элемента?

8. Альфа-частицы, испускаемые радиоактивным веществом, могут иметь только дискретные значения энергии. Какой отсюда можно сделать вывод о возможных значениях энергии атомного ядра?

9. Почему альфа-частицы, испускаемые радиоактивными препаратами, не могут вызвать ядерных реакций в тяжелых элементах?

10. Отчего при альфа-распаде одинаковых ядер энергии альфа-частиц одинаковы, а при бета-распаде одинаковых ядер энергии бета-частиц различны?

11. Если нуклоны способны притягиваться друг к другу, то почему же все ядра до сих пор не слились в одно гигантское ядро?

12. Почему вещества, занимающие места в середине и конце таблицы Менделеева, не применяются в качестве замедлителей нейтронов?

13. Внутренняя энергия тела включает в себя и энергию атомных ядер. Почему же ее не учи-

тывают при анализе теплообмена на основе уравнений теплового баланса?

Микроопыт

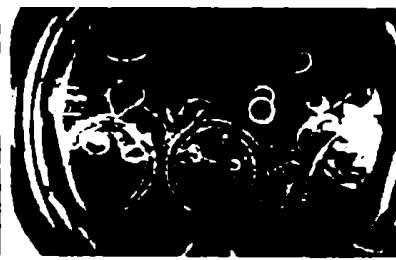
Накалите, например на газовой горелке, железный гвоздь до "белого каления". Удастся ли вам так же накалить кусок стекла?

Любопытню, что...

...Фалес Милетский родоначальник античной философии и науки, возводил все многообразие явлений и вещей к единой первоисточнику — воде. Анаксимен, предшественник той же милетской школы, первоначально всею считал воздух, из сущения и разрежения которого возникают все вещи. Современник Фалеса Гераклит Эфесский отдавал предпочтение огню, который есть также душа и разум.

...планетарную модель атома, названную после опытов Резерфорда его именем, теоретически разработал еще в 1901 году Перрен, прославившийся экспериментальными исследованиями броуновского движения. Статья Перрена так и называлась: "Ядерно-планетарное строение атома".





...еще в 1815 году эдинбургский медик Уильям Прout высказал гипотезу о том, что все химические элементы состоят из атомов водорода. А в 1911 году Резерфорд не удержался от предположения, что атомные ядра состоят из альфа-частиц.

...Резерфорд считал, что величина заряда ядра пропорциональна атомному весу элемента. Верную же идею о пропорциональности заряда номеру элемента в периодической таблице выдвинул голландский физик-любитель Ван ден Брук. Резерфорд отнесся к этому скептически: "...забавный домысел, не ищущий под собой достаточного обоснования".

... даже Тартарен из Тараскона, знаменитый своей меткой стрельбой по фуражкам, почувствовала бы, по-видимому, смущение, если бы ему предложили выпустить пулю, которая, пролетев несколько десятков тысяч километров, должна была бы попасть в копейку. А ведь подобная задача решена физиками в тантеских ускорителях элементарных частиц.

...если бы Ферми удалось полностью объяснить результаты своих опытов по искусственной

радиоактивности, вызванной нейтронами, то весь мир уже в 1934 году узнал бы о возможности создания атомной бомбы. В то время был еще жив Резерфорд, категорически отрицавший использование ядерных реакций для практических целей.

...ядерно-физические методы успешно используются в криминалистике при исследовании вещества массой менее 10^{-10} грамма, например для идентификации людей по крошечным остаткам их волос.

...для внутреннего обогрева "Лунохода" при его многомесячной работе на поверхности Луны на нем был установлен тепловой блок, состоящий из термических алул с радиоактивными веществами.

...рекорд малости измеренной значения массы был установлен в опытах по различению масс двух "близких" элементарных частиц и составил всего две стоиллиардные доли массы электрона.

...естественная радиоактивность мужчин и женщин различна — из-за разного содержания в их организмах радиоактивного изотопа калия.

Законы сохранения



*...вещи не могут ни создаваться
из ничего, ни, однажды возникнув,
снова обращаться в ничто...*

ТИТ ЛУКРЕЦИЙ КАР

Развитие физики сопровождалось установлением самых разных законов. Среди них особое место занимают законы сохранения, утверждающие, что в изолированных системах определенные физические величины остаются неизменными. Представления о том, что подобные законы существуют, возникли в глубине веков: приведенное в эпитафье изречение Лукреция отражает еще античные взгляды. Сегодня физикам известно довольно много таких законов. Часть из них знакома и вам – это законы сохранения импульса, энергии, электрического заряда, момента импульса. В дальнейшем, возможно, вы узнаете, что есть еще весьма необычные законы сохранения, например – странности, четности или очарования.

Но прежде – "созовем" еще раз вместе те из них, которые вы должны хорошо знать.

Вопросы и задачи

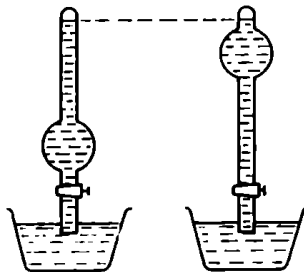
1. Может ли кинетическая энергия твердого тела изменяться, если на тело не действуют силы?

2. Может ли кинетическая энергия тела оставаться неизменной, если равнодействующая приложенных к телу сил отлична от нуля?

3. Когда перенос электрического заряда из одной точки электрического поля в другую под действием сил поля не сопровож-

дается изменением кинетической энергии?

4. В два одинаковых сосуда с водой опустили нижними концами



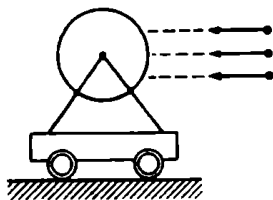
две одинаковые трубки, заполненные разреженным воздухом одинакового давления. Когда открыли краны, вода в трубках установилась так, как показано на рисунке. Очевидно, что вода в правой трубке приобрела большую потенциальную энергию, чем в левой, в то время как работа атмосферного давления в обоих случаях была одинаковой. Как объяснить это противоречие?

5. Иногда газ при охлаждении отдает меньшее количество теплоты, чем было затрачено при его нагревании. Не противоречит ли этому закону сохранения энергии?

6. Каким образом космонавт, не связанный с кораблем, может вернуться на корабль?

7. Зависит ли полный импульс хорошо сцентрированного маховика от частоты его вращения?

8. В массивный однородный цилиндр, который может без трения вращаться вокруг горизонтальной оси, попадает пуля, летящая горизонтально, и после удара о цилиндр падает на тележку.



Зависит ли скорость тележки, которую она приобретает после удара пули, от того, в какую часть цилиндра попадает пуля?

9. Излучая фотон, атом газа изменяет свой импульс. Почему это изменение неизбежно?

10. Металлическая пластина зарядилась под действием рентге-

новских лучей. Каков знак заряда?

11. При аннигиляции электрона с позитроном образуются гамма-кванты. Однако такого не происходит при встрече двух электронов или двух позитронов. Почему?

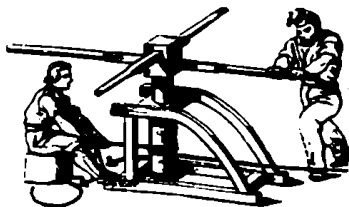
Микроопыт

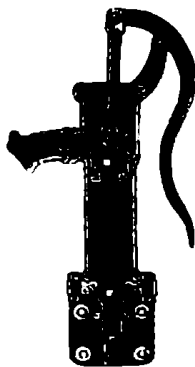
Пройдите от кормы неподвижной поначалу лодки к ее носовой части. Почему лодка станет двигаться в противоположную сторону?

Любопытно, что...

...часто некоторые законы сохранения оказываются справедливыми лишь при описании ограниченной круга явлений. Так, при изучении химических реакций можно считать, что масса сохраняется, однако при ядерных реакциях применение такого закона было бы ошибочным, так как, например, масса конечных продуктов деления урана меньше массы исходного количества урана.

...количество атомов химических элементов, точно сохраняющееся при протекании химических реакций, становится величиной переменной в реакциях ядерных. Однако во всех этих случаях выполняются два закона сохранения: заряда и





числа нуклонов. Последний закон носит еще название закона сохранения барионного заряда.

...если бы закон сохранения заряда не являлся вполне точным законом природы, то электрон мог бы распадаться, например на нейтрино и фотон. Поиски таких распадов, однако, не увенчались успехом и показали, что время жизни электрона по крайней мере не меньше 10^{22} лет. (Возраст же Вселенной оценивается сегодня учеными в 10^{10} лет.)

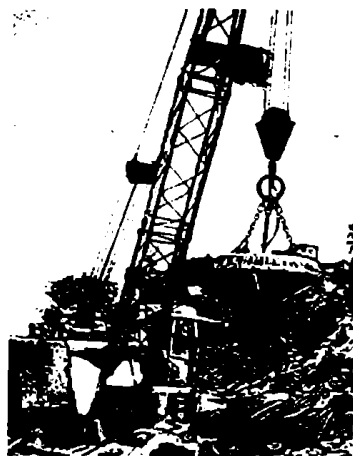
...законы сохранения тесно связаны с общими свойствами природы. Скажем, закон сохранения энергии вытекает из такою общего свойства нашего мира, как равномерность хода времени.

...в отличие от склонного к философии и непочтительного к авторитетам Майера, Джоуль был человеком практическим и даже боюбязанным. Идейной основой закона сохранения энергии он считал положение о том, что человек не может уничтожить то, что создано Богом, и, напротив, создать то, чего Бог не создал.

...и к великим законам сохранения ученые часто относятся без излишнего преклонения. Например, подчеркивая важность второго закона термодинамики, немецкий астрофизик Эддингтон писал: "Закон сохранения энергии играет лишь роль бузиатера, который приводит в равновесие дебет и кредит".

...именно закон сохранения заряда подсказал Максвеллу идею о возможности возникновения магнитного поля в результате изменения электрического поля.

...если Земной шар и меняет незначительно скорость своего вращения, то причина этого не трение земных тел друг о друга, а то, что Земля не является изолированной системой. В случае же замкнутой системы закон сохранения момента импульса не дал бы трению уничтожить ее равномерное вращение.





... астрономия – особая наука или часть физики?

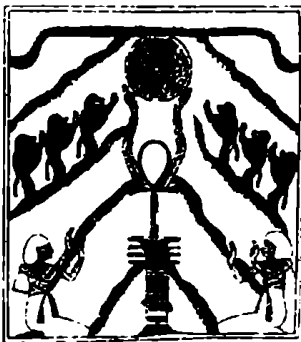
АРИСТОТЕЛЬ

Для тех, кто еще не перешел в последний школьный класс, этот вопрос покажется странным: ведь "официально" познакомиться с астрономией можно только за несколько месяцев до окончания школы. Однако вспомните курс механики, а также природоведения, физической географии, истории древнего мира и средних веков, да и многие страницы нашего "Калейдоскопа". И везде, заметьте, возникали и обсуждались вопросы астрономического содержания – о движении планет и наблюдении звезд, о навигации и затмениях, об устройстве и исследовании Вселенной мира. Это, безусловно, свидетельствует о давней, с незапамятных времен, связи человека с Космосом, о постоянном интересе к тому, что знаменитый Кеплер назвал "небесной физикой".

Надеемся, что астрономический "Калейдоскоп" будет для вас не менее увлекательным, чем другие его фрагменты. И вновь – не упускайте возможность понаблюдать и поэкспериментировать.

Вопросы и задачи

1. На сколько угловых минут поворачивается Земля вокруг своей оси за одну минуту?
2. На какой угловой высоте находится Солнце, если длина тени от вертикального предмета равна его высоте?
3. В каких случаях высота светила над горизонтом Земли не меняется в течение суток?
4. Для наблюдателя, находящегося на географическом полюсе Земли, Солнце полгода расположено над горизонтом и полгода – под горизонтом. А Луна?
5. Можно ли в воде глубокого колодца увидеть отражение Солнца?
6. Луна, если ее наблюдать с Земли, восходит не менее двух минут. В течение какого времени



восходит Земля для наблюдателя на Луне?

7. На Венере настолько густая облачность, что не видно небесных светил. Можно ли, находясь на Венере, убедиться в ее вращении вокруг своей оси и определить направление этого вращения?

8. Какой вид имеет кольцо Сатурна для наблюдателей, находящихся на экваторе и на полюсах этой планеты?

9. Если на Земле наблюдается полное лунное затмение, то что увидит космонавт, очутившийся в это время на Луне?

10. Почему полные солнечные затмения в северном полушарии Земли чаще бывают летом, а не зимой?

11. Освещенная заходящим Солнцем белая стена кажется ярче поверхности Луны, находящейся на той же высоте над горизонтом, что и Солнце. Означает ли это, что поверхность Луны состоит из темных пород?

12. Одинаковый ли вид имеет Солнце с Луны и с Земли?

13. Изменится ли видимое расположение звезд на небе, если вдруг исчезнет земная атмосфера?

14. Согласно календарю, время от одного новолуния до другого равно 29 дням. Почему же утверждается, что период обращения Луны вокруг своей оси равен 27 дням?

Микроопыт

Видимые размеры дисков Солнца и Луны у горизонта кажутся увеличенными по сравнению с их видимыми размерами в зените. Как можно экспериментально доказать, что это увеличение кажущееся?

Любопытно, что...

...одной из самых древних, известных истории обсерваторий, возможно, являются знаменитые развалины Стоунхенджа в Англии. Этому сооружению около четырех тысяч лет. А первая "настоящая" астрономическая обсерватория появилась в Европе лишь в XVI веке.

...детальное исследование неба стимулировалось и астрологией. К примеру, около двух с половиной тысяч лет назад





жрецы Ассирии умели предска- зывать даты затмений.

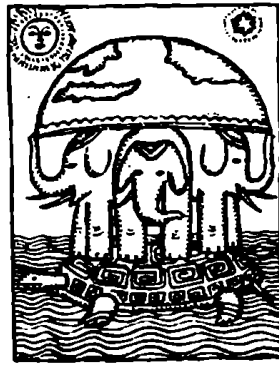
...имя изобретателя телеско- па неизвестно. Мы знаем лишь одно: в 1604 году торговец стек- лами для очков голландец Янс- сен "снял копию" с телескопа, принадлежащего некоему италя- нцу.

...телескопы вовсе не дают увеличенного изображения звезд. Задача телескопа — увеличение светового потока, попадающего в глаз человека от наблюдаемого объекта. Поэтому и строят телескопы-штанты с зеркалами диаметром в несколько метров.

...оптическое приборостро- ение стало одной из первых отраслей индустрии, где непо- средственное участие физиков поставило кустарное эмпириче- ское мастерство на уровень совершенного производства.

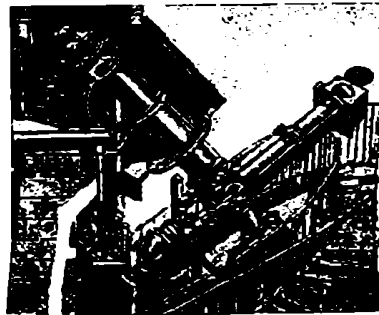
...первый полный астрономи- ческий учебник вышел в 1618 году — это была книга Кеплера "Сокращения коперниковой аст- рономии".

...знаменитый астроном Гер- шель вполне серьезно считал, что Солнце — обитаема, его



поверхность довольно холодна и только плавающие над ней об- лака очень горячи.

...астрономические наблюде- ния подтверждают справедли- вость важнейших физических теорий. Например, искривление луча света далекой звезды в гравитационном поле Солнца, наблюдавшееся во время полного солнечного затмения, или сме- щение орбиты Меркурия не могли быть объяснены классиче- ской наукой, но вполне "уклады- вались" в новые представле- ния — общей теории относи- тельности.



Если вы, дочитав книгу до конца, решили спросить: "А дальше?", мы прежде ответим на вопрос: "А раньше?". Дело в том, что в истории создания нашего "Калейдоскопа" — все ответы.

Задумывался он сначала как одна из рубрик журнала "Квант", в которой хотелось откликнуться на пожелания учителей физики предоставить им лаконичный и емкий материал для ведения учебной и внеклассной работы. По предложению автора, темами выпусков этой рубрики решили сделать физические понятия. Цель — показать их многообразие, многогранность каждого из них, органическую связь понятий между собой, необходимость их появления для "диалога" с природой.

За девять лет, в течение которых "Калейдоскоп" мелькал на страницах журнала, выяснилось, что рубрика пользуется популярностью у читателей. И постепенно мозаики различных выпусков стали складываться в целостную, готическую и собранную из фрагментов, картину "жизни понятий".

Нам подумалось, что такой — динамический — синтез материалов "для сведения" и "для работы ума" смог бы, во-первых, повысить вашу эрудицию, а во-вторых — побудить перейти от получения информации непосредственно к пробе сил. Так возникла идея этого сборника — своего рода физического дайджеста.

Мы считаем, что материал этой книги можно использовать в различных формах учебной деятельности — от введения в какую-либо тему физического курса до обобщающих уроков по ней, от повторения материала на качественной ступени до проведения тестов, олимпиад, вечеров, викторин, кружковых и факультативных занятий. Важная особенность книги — независимость от уровня и направленности учебного заведения; она может оказаться полезной и для физика, которому интересны не только формулы, и для гуманитария, желающего лишь "прикоснуться" к физике. Мера погружения в материал не задана — она определяется самим читателем.

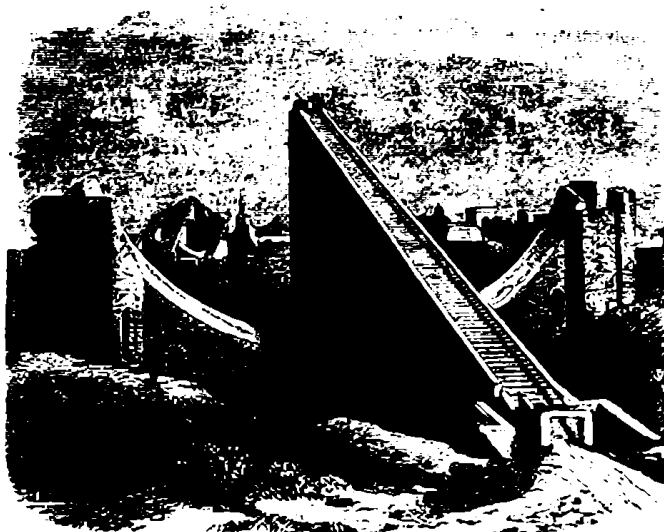
Вот и ключ к ответу на вопрос: "А дальше?". Ведь "Калейдоскоп" можно не только поворачивать снова и снова, но и добавит самому новые персонажи, найти интересные истории или придумать необычные задачи. В общем, стать не столько "пользователем", сколько соучастником его создания.

Поверьте, это увлекательное занятие! Во всяком случае, не одни лишь читатели "Кванта" или школьники, с которыми работал сам автор, отягивались в него. И доктора наук, и преподаватели, и опытные редакторы-физики порой с жаром обсуждали решение той или иной задачи, оценивали правдоподобность какого-либо события, подсказывали, чем еще можно украсить "Калейдоскоп".

Хотелось бы поблагодарить всех, кто помог в работе, но особенно — коллег из журнала "Квант". В разное время выкладывать мозаики "Калейдоскопа" помогали члены его редколлегии Л. Г. Асламазов, А. А. Варламов, С. С. Кротов, А. И. Буздин, Я. А. Сморodinский, В. Н. Боровишки, А. И. Черноуцан. Неизменную поддержку и внимание при редакции оказывали Т. С. Петрова, В. А. Тигонирова, Л. В. Кардасевич. Во многом благодаря их усилиям удалось составить и эту книгу.

И последнее. Каждый выпуск "Калейдоскопа" в "Кванте" заканчивался списком соответствующих статей из журнала. В книге этого нет, как нет и общего списка литературы. Причина одна: названий книг — десятки, статей из "Кванта" — сотни, в общем, еще целый калейдоскоп. Предложение тоже одно: обращайтесь почаще к этому журналу, читайте и подписывайтесь на него, используйте его при конструировании собственных "Калейдоскопов".

Желаем успеха!



ОТВЕТЫ

"ЭТО, ВО-ПЕРВЫХ, ТЕЛА..."

Движение точки

1. Однозначного ответа нет, если неизвестны размеры шаров и время их прихода к точке пересечения траекторий.

2. Пять.

3. Траектории точек кабины представляют собой окружности одинакового радиуса, немного смещенные друг относительно друга; траектории точек колеса – концентрические окружности с центром на оси колеса. Колесо совершает вращательное движение, кабина – поступательное.

4. 2l.

5. Вектор перемещения направлен вниз; его модуль равен 1 см.

6. См. рис. 1.

7. Точка должна двигаться прямолинейно и только в одном направлении.

8. Синусоида или косинусоида.

9. По отрезку прямой на линии, совпадающей с направлением распространения волны.

10. а) По параболам; б) если скорость мяча относительно вагона равна по модулю скорости поезда относительно земли, то по вертикали; в остальных случаях – по параболам.

11. По параболе.

12. "Спираль", состоящую из отрезков прямых и полуокружностей возрастающего радиуса.

13. Такие точки есть на реборде колеса. Траектория одной из этих точек изображена на рисунке 2. Она называется циклоидой.

14. См. рис. 3.

15. Осколки окажутся на поверхности раздувающейся со скоростью u_0 сферы, центр которой опускается с ускорением g . При этом каждый осколок движется по своей параболе.

Микроопыт. а) По дуге окружности, лежащей в вертикальной плоскости; б) можно подобрать такую скорость, что грузик начнет двигаться по окружности в горизонтальной плоскости (конический маятник).

Скорость

1. За одно и то же время первое тело прошло больший путь, следовательно, у него и большая средняя скорость.

2. Нельзя, поскольку в общем случае величина средней скорости не

равна среднему арифметическому значению величин мгновенных скоростей.

3. $v_n = v_b / \cos \alpha$ (см. рис. 4).

4. Скорость точки a направлена вниз, точки b – вверх, точки d – вниз, скорость точки c равна нулю.

5. В случае а) горизонтальные начальные скорости у обоих тел одинаковы, а начальная вертикальная скорость больше у первого; следовательно, у первого время полета больше – оно улетит дальше. В случае б) вертикальные начальные скорости у обоих тел одинаковы; следовательно, одинаковы времена полета, но горизонтальная скорость больше у первого – оно улетит дальше.

6. Сила нормального давления на выпуклой поверхности в среднем меньше, чем на вогнутой. Следовательно, и сила трения в среднем на ACB меньше, чем на ADB . Поэтому скорость тела в точке B больше в том случае, если оно скользит по кривой ACB .

7. Может, если, например, тень образуется на стене, параллельно которой бежит человек, а источник света движется быстрее человека в том же направлении.

8. Пусть скорость электрички v_3 , а угол наклона следа капель к вертикали α . Из рисунка 5 видно, что скорость падения капель $v_k = v_3 / \operatorname{tg} \alpha$.

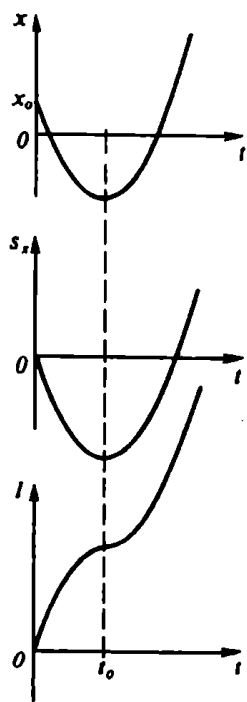


Рис. 1



Рис. 2

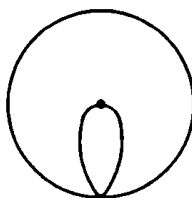


Рис. 3

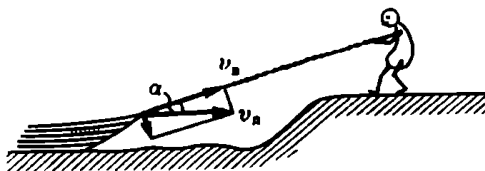


Рис. 4

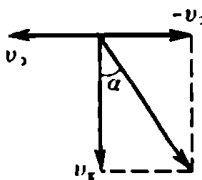


Рис. 5

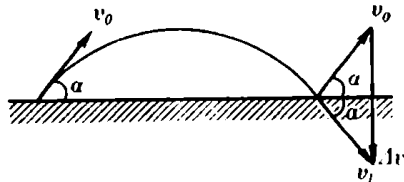


Рис. 6

9. $|\Delta \vec{v}| = |\vec{v}_1 - \vec{v}_0| = 2v_0 \sin \alpha$ (см. рис. 6).

10. В наивысшей точке траектории, где вертикальная составляющая скорости равна нулю.

11. У второй точки центростремительное ускорение больше; значит, больше и модуль скорости.

12. Скорость точки растёт по модулю.

13. В начале.

Микроопыт. Сравните время падения слегка смятой в ком газеты с определенной высоты со временем падения с той же высоты газеты, сжатой в плотный комок.

Ускорение

1. Ускорения направлены одинаково (на север).

2. См. рис. 7. Пути, проходимые за последовательные равные промежутки времени, численно равны заштрихованным площадям и относятся как 1:3:5...

3. См. рис. 8.

4. Ускорение тела, например, массой M равно $a = g - F/M$, где F – сила сопротивления. Следовательно, скорее упадет тело с большей массой.

5. Увеличение массы автомобиля уменьшает ускорения, сообщаемые ему толчками булыжной мостовой.

6. Величина ускорения книги относительно лифта зависит не от направления скорости лифта, а от направления его ускорения. Если оно направлено вверх, то ускорение книги равно $g + a$; если вниз, то $g - a$.

7. Ускорение растёт из-за уменьшения массы ракеты.

8. Центростремительное ускорение, связанное с обращением Земли вокруг Солнца, чрезвычайно мало по сравнению с ускорением силы тяжести на Земле.

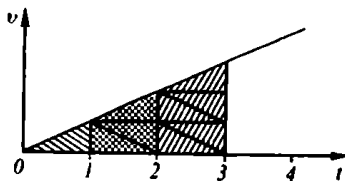


Рис. 7

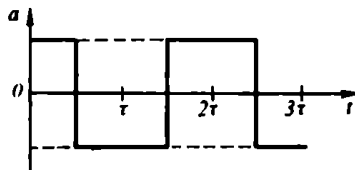


Рис. 8

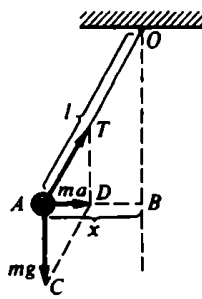


Рис. 9

9. В принципе – да, поскольку все тела, в том числе человек, на экваторе легче.

10. Минимальное центростремительное ускорение в этой точке равно ускорению свободного падения g .

11. $T = 2\pi\sqrt{R/g}$, где R – радиус Земли; $T \approx 1$ ч 24 мин.

12. При движении с ускорением за счет силы тяги (при взлете) уменьшается, при движении по орбите маятник не совершает колебаний.

13. Неравноускоренным, так как во время движения возрастает сила притяжения.

14. Масса ядра несравнимо больше массы электрона.

Микроопыт. Гирька, подвешенная к потолку вагона с помощью нити, при равноускоренном движении отклонится (рис. 9). Из подобия

треугольников AOB и ACD находим $a = gx/\sqrt{l^2 - x^2}$.

Масса

1. Все размеры копии должны быть увеличены в 2 раза, поэтому ее объем будет в 8 раз больше объема оригинала и масса составит 400 г.

2. $AO:OB = 1:3$. Натяжения нитей одинаковы, если центр вращения совпадает с центром масс системы.

3. При приседании центр масс человека смещается вниз, при выпрямлении – вверх. Поэтому в первом случае прогиб доски уменьшится, во втором – увеличится.

4. Сила тяжести гири приводит в движение и тележку, и гирию, а рука – только тележку.

5. Можно, соединив сосуды отверстиями и сместив их в сторону заполненного сосуда.

6. По периодам свободных колебаний тел на пружине.

7. Во время торможения вагона тело пассажира по инерции стремится наклониться вперед. Пытаясь воспрепятствовать падению, человек инстинктивно напрягает мускулы ног. При остановке пассажир не успевает расслабить мышцы, и они толкают его назад.

8. При ковке предпочтительнее неупругий удар, когда молоток теряет тем большую часть своей энергии, чем меньше его масса.

9. Из-за инерции.

10. При резком рывке стебли обрываются раньше, чем успевают прийти в движение корни.

11. Сила тяжести, сообщающая телу ускорение, пропорциональна массе тела.

12. Вторая.

13. Да, так как в условиях невесомости инертность тел сохраняется.

14. Нет, поскольку Земля не только поглощает излучение, но и излучает сама, теряя массу.

Микроопыт. Стакан останется на столе. Сила трения, действующая на него со стороны бумаги, недостаточна, чтобы сообщить ему заметное ускорение.

Сила

1. В этом случае, как следует из определения равнодействующей силы, ее просто не существует.

2. Сила тяги станет вдвое больше.

3. Реальную (обладающую массой) веревку строго горизонтально натянуть нельзя.

4. В точке *B*, так как здесь поверхность дороги вогнутая и сила давления наибольшая.

5. Легче удержать, чем двигать вверх (учтите действие силы трения).

6. На груз действует сила трения, направленная по скорости движения автомобиля.

7. См. рис. 10: 1 – пружины соединены последовательно, 2 – параллельно.

8. Сила тяжести.

9. В крайних положениях груза равнодействующая сила направлена на касательной к траектории, в нижнем положении – к точке подвеса маятника.

10. В обоих случаях система (два шара и нить) движется с одним и тем же ускорением, но в первом случае нить сообщает его телу меньшей массы. Поэтому и натяжение нити в первом случае меньше.

11. Силам взаимного притяжения препятствуют силы трения.

12. Нет, ящик станет поворачиваться относительно ребра *B*.

13. Линии индукции магнитного поля направлены с севера на юг.

14. На движущийся заряд действует сила Лоренца, создаваемая магнитным полем проводника с током.

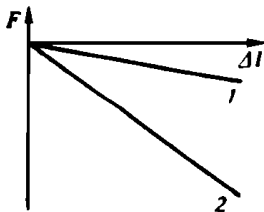


Рис. 10

15. Напряженность поля, созданного одной из пластин конденсатора, равна $1/2E$. Значит, для силы, действующей на другую пластину, получим $1/2qE$.

Микроопыт. Сила трения зависит от прижимающей гвоздь силы, которая в случае набухшей доски значительно больше, чем в случае сухой.

Давление

1. Давление внутри мыльного пузыря больше атмосферного, так как поверхностное натяжение стремится сжать его.

2. Среднее давление уменьшается.

3. Форма котла должна быть такой, чтобы сила давления, приходящаяся на единицу длины периметра сечения котла, была наименьшей. Это условие обеспечивает сферическая форма котла.

4. Сила давления жидкости на дно в два раза больше, чем на каждую из боковых граней.

5. Давление в трубке на уровне крана *A* меньше давления атмосферы. Поэтому при открывании крана атмосферное давление не позволит воде выливаться. Через кран в трубку будет поступать воздух до тех пор, пока внутри не установится атмосферное давление и вода не опустится до первоначального уровня.

6. Поскольку высота башен одинакова, одинаковым будет и создаваемый ими напор воды. Однако предпочтительнее более вместительная башня, поскольку чем больше ее резервуар, тем ближе к постоянному будет оставаться давление в магистрали.

7. Если представить, что внутренность бутылки заполнена стеклом, то при произведении давления на наружную поверхность такое же давление возникнет во всех участках внутри стекла, произойдет сжатие и объем внутренней части бутылки уменьшится. То же самое произойдет и в случае, когда бутылка заполнена водой.

8. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то барометр будет находиться практически в состоянии невесомости. Под действием атмосферного давления трубка целиком заполнится ртутью, поэтому барометр будет показывать давление, соответствующее давлению максимальной высоты столбика ртути в трубке.

9. Динамометр показывает сумму веса трубки и силы атмосферного давления, равной весу ртути в трубке. При изменении атмосферного давления показания будут изменяться.

10. Когда бьет струя, на доску кроме силы гидростатического давления действует еще сила, обусловленная движением жидкости. Когда доска прижата, то вода неподвижна и на доску действует лишь сила гидростатического давления.

11. За счет большой скорости движения воздуха или воды давление внутри струи меньше атмосферного. Снизу шарик поддерживается напором струи, а с боков — статическим атмосферным давлением.

12. Диаметр мячика увеличится, так как скорость воды в узкой части трубы больше, а давление соответственно меньше, чем в широкой части трубы.

13. Когда мы пьем, под губами над поверхностью воды создается

область пониженного давления воздуха. Благодаря атмосферному давлению вода устремляется в эту область и попадает к нам в рот.

14. Зная величину радиуса Земного шара, можно подсчитать площадь его поверхности и затем умножить ее на массу атмосферного столба воздуха площадью 1 м^2 , определяемую по величине атмосферного давления.

15. Сила светового давления убывает пропорционально квадрату расстояния до Солнца.

Микроопыт. Через трубку, пропущенную сквозь пробку внутрь бутылки, надо вдуть воздух. При этом давление воздуха в бутылке увеличится, и он выдавит часть воды наружу через ту же трубку.

Выталкивающая сила

1. Не изменится, так как количество вытесненной воды останется тем же.

2. Да, уменьшится на величину веса воды, вытесняемой стенками и дном ведра.

3. Вес мешка с воздухом увеличивался на столько, на сколько увеличивалась выталкивающая сила воздуха, действующая на раздутый мешок.

4. Нет, поскольку человек значительно увеличил вес своей ноши – плотность сжатого воздуха в камере больше плотности наружного воздуха.

5. В вакууме вес того дерева, которое в воздухе весит тонну, больше веса того железа, которое весит в воздухе также одну тонну.

6. Не изменится.

7. Глубина погружения в ртуть уменьшится, так как возрастет выталкивающая сила за счет вытесненной шариком воды.

8. Из-за торможения о дно, берега и прилегающий к поверхности реки воздух быстрее всего движутся слои воды, расположенные ближе к середине реки и находящиеся несколько ниже ее поверхности. При увеличении нагрузки осадка возрастает, и его нижняя часть попадает в слой с большей скоростью.

9. Нет. Ящик и русло реки – сообщающиеся сосуды, и вода в ящике будет на таком же уровне, как и вода в реке.

10. В первом – не изменится, во втором – понизится.

11. Бутылка с водой потонет, с ртутью – нет.

12. Когда камень находится в лодке, он вытесняет объем воды, масса которого равна массе камня. Поскольку плотность камня больше плотности воды, объем вытесненной воды больше объема камня. Лежа на дне бассейна, камень вытесняет объем воды, равный лишь его собственному. Поэтому уровень воды в бассейне понизится.

13. Да – если вода проникнет под кубик, нет – в противном случае.

14. Нет, так как выталкивающая сила возрастет тоже в два раза.

15. Внутри вращающегося цилиндра возникает дополнительная горизонтальная "архимедова" сила, направленная к оси вращения. Так как пламя свечи легче окружающего воздуха, эта сила способна сооб-

щить пламени большее центростремительное ускорение, чем такому же объему воздуха, поэтому пламя отклоняется к оси вращения.

Микроопыт. Сгорая, свеча уменьшается в весе и всплывает, поэтому горит дольше, чем кажется поначалу.

"НО НЕ ЗАПОЛНЕНО ВСЕ ВЕЩЕСТВОМ И НЕ ДЕРЖИТСЯ ТЕСНО..."

Орбитальное движение

1. В полночь, поскольку тогда скорость собственного вращения Земли добавляется к орбитальной скорости движения Земли вокруг Солнца, а в полдень – вычитается из нее.

2. Для северного полушария – зимой, поскольку в это время Земля проходит свой перигелий.

3. Кольцо Сатурна не может быть твердым и сплошным.

4. В первом случае пуля станет двигаться по эллипсу, объемлющему орбиту спутника, во втором – по эллипсу, находящемуся внутри орбиты спутника, в третьем – плоскость орбиты пули будет составлять некоторый угол с плоскостью орбиты спутника.

5. Нет, так как (в отличие от случая движения по круговой орбите) сила тяготения попеременно совершает положительную и отрицательную работу. Следовательно, скорость планеты или спутника то возрастает, то убывает.

6. Спутник не может все время "висеть" над любым районом, кроме тех, что расположены в экваториальной зоне, – ведь плоскость орбиты спутника должна проходить через центр Земли.

7. Нет. Земля и Луна обращаются вокруг разных притягивающих тел.

8. С Земли будет казаться, что спутник движется вперед-назад вдоль меридиана. Он окажется неподвижным, если его орбита будет лежать в плоскости экватора.

9. С такой же, с какой стол давит на Землю, – с силой, равной по величине силе тяжести стола.

10. Закручивающаяся вокруг Земли спираль.

11. Скорость спутника, движущегося по орбите все уменьшающегося радиуса, возрастает. Хотя из-за трения в атмосфере механическая энергия спутника уменьшается, лишь часть его потенциальной энергии переходит в тепло; остальная часть преобразуется в кинетическую энергию.

12. Да, поскольку на тела в состоянии невесомости действует сила тяжести.

Мысленный микроопыт. Невесомость и весомость не имеют отношения к удару, в этом случае важны масса и скорость. Так что, работая в будущем в открытом космосе, старайтесь не стукаться о корабль.

Тяготение

1. Сила давления равна нулю.

2. Ускорения, сообщаемые Солнцем Земле и Луне, примерно одина-

ковы. Поэтому Земля и Луна образуют единую систему двух тел, движущихся вокруг общего центра масс, а центр масс системы обращается вокруг Солнца.

3. Случаи, описанные в задаче, нельзя включить в область применимости закона всемирного тяготения, где речь идет о точечных телах.

4. С востока на запад, причем угловая скорость движения самолета вокруг центра Земли должна быть равна угловой скорости вращения Земли. Попробуйте самостоятельно оценить линейную скорость самолета в этом случае.

5. Скорость тела максимальна при прохождении центра Земли и

равна $v = \sqrt{g_0 R}$, где g_0 – ускорение свободного падения на поверхности Земли. R – радиус Земли.

6. В отсутствие сопротивления внешней среды движение спутника может происходить в любом направлении по отношению к силе тяготения планеты.

7. При спуске, поскольку при запуске скорость ракеты в плотных слоях атмосферы мала, а при спуске – велика.

8. а) По касательной к орбите; б) стала бы падать на Землю.

9. Первой космической скорости для Земли.

10. Плотность планеты ($T = \sqrt{3\pi/(G\rho)}$).

11. Только пружинными, другие часы в невесомости работать не будут.

12. Включить двигатели.

13. Ничего, поскольку тела в экваториальной зоне уже обладают такой скоростью.

14. Закон Паскаля справедлив, закон Архимеда – нет.

Микропыт. Не будет, поскольку банка и вода в ней падают с одинаковым ускорением.

Количество движения

1. $\Delta |m\vec{v}| = 0; |\Delta(m\vec{v})| = 2m u_0 \sin \alpha.$

2. Изменение импульса воды при повороте объясняется действием силы со стороны трубы. С такой же по величине силой вода действует на трубу в сторону, противоположную изгибу трубы.

3. $v + 2u.$

4. В первом случае лодка останется на месте, во втором – станет двигаться в направлении, обратном желаемому.

5. Начальная скорость камня относительно воды, а значит, и дальность полета, будет больше при бросании с баржи.

6. Общий импульс частей ракеты до взрыва и сразу после него остается постоянным и равным нулю. Векторы импульсов осколков могут в сумме дать нуль только тогда, когда они лежат в одной плоскости.

7. При упругом ударе.

8. Под прямым углом.

9. После соскальзывания тела B горка A с телом C поедет в проти-

вположном направлении со скоростью, в два раза меньшей скорости тела *B*. После соскальзывания с движущейся горки тело *C*, обладающее такой же начальной потенциальной энергией, что и тело *B*, приобретает скорость большую, чем тело *B*. По закону сохранения импульса скорость горки должна быть направлена в сторону движения тела *B*.

10. Пластика начнет вращаться вокруг покоящегося центра масс.

11. Аэростат станет опускаться.

12. Так как на стержень в горизонтальном направлении не действуют силы, то его центр тяжести будет двигаться вертикально, а нижний конец стержня сместится в сторону от этой вертикали.

13. Траектории жука и центра обруча будут представлять собой концентрические окружности с центром, совпадающим с неподвижным центром масс системы "жук – обруч".

14. Скорость ракеты будет увеличиваться. Если перейти к системе отсчета, относительно которой ракета в данный момент покоится, то будет ясно, что давление вытекающих газов по-прежнему толкает ракету вперед.

15. Да, если пол не абсолютно гладкий. Тогда, раскачиваясь на стуле, можно создать внешнюю силу за счет трения между стулом и полом.

Мифропылт. Шарик станет летать за счет "реактивного" истечения из него воздуха. При этом величина и направление скорости шарика будут меняться, так как истечение неравномерное.

Полезное действие

1. Нет.

2. Полная работа, совершенная человеком, равна нулю (так же, как и в системе отсчета, связанной с поездом).

3. Да, например при ее действии на груз, стоящий на движущейся железнодорожной платформе.

4. При больших скоростях значительно возрастает сопротивление воздуха.

5. В 27 раз.

6. На сообщение выбрасываемым из сопла ракеты газам кинетической энергии.

7. Нет. Уменьшится работа двигателей экскалатора, но меньшую работу они совершат соответственно за меньшее время.

8. Мощность насоса должна увеличиться в 8 раз.

9. При небольших углах наклона транспортер экономичнее, так как коэффициент трения качения меньше коэффициента трения скольжения.

10. Да, но КПД будет очень мал, поскольку большая часть совершаемой работы пойдет на сжатие самого газа.

11. Нет, так как возрастают потери, связанные с загустением смазки и разогревом двигателя и воздуха в салоне при запуске.

12. Нагреватель – камера сгорания, холодильник – окружающая среда.

13. Мощность современных двигателей зависит от их быстроходно-

сти. А все быстропотекающие тепловые процессы близки к адиабатным.

14. В первом случае.

15. КПД стремится к единице при бесконечном увеличении внешнего сопротивления цепи, но при этом выделяемая полезная мощность (как и полная) стремится к нулю.

Микроопыт. При повышении температуры увеличивается излучение энергии.

Энергия

1. При запуске спутника вдоль экватора в сторону вращения Земли линейная скорость суточного вращения складывается со скоростью, сообщенной спутнику двигателем ракеты. Естественно, при запуске вдоль меридиана (а тем более вдоль экватора в сторону, обратную вращению Земли) потребуется больше энергии для сообщения спутнику первой космической скорости.

2. При скатывании с горки потенциальная энергия лыжника полностью расходуется на работу против силы трения. Втаскивая лыжника, стоящего на лыжах, подъемник восполняет его запас потенциальной энергии и кроме того совершает работу против силы трения. Следовательно, затраты энергии в этом случае в 2 раза больше. (Конечно, мы не учли действие сил сопротивления воздуха, считая скорость лыжника небольшой.)

3. Во втором случае скорость тела будет меньше, так как начальный запас потенциальной энергии тела расходуется на сообщение кинетической энергии и телу, и призме.

4. При охлаждении гитары часть ее внутренней энергии идет на увеличение потенциальной энергии упругой деформации струны.

5. Несмотря на то, что при подъеме на высоту 8000 м потенциальная энергия порции горючего увеличилась, при ее сгорании выделится столько же тепла, сколько и на уровне моря. Работа по подъему горючего в конечном итоге увеличивает потенциальную энергию продуктов сгорания.

6. Работа по разгону стрелы совершается за счет потенциальной энергии упругой деформации корпуса натянутого лука и тетивы. Понятно, что возникающие при деформации лука и тетивы силы упругости F равны, но тетива в хорошем луке мало растяжима, т. е. обладает большим коэффициентом упругости k . Считая, что упругая энергия тетивы и лука зависит от величин F и k так же, как и в случае пружины: $U = F^2/(2k)$, получим, что больший вклад в энергию стрелы вносит корпус лука.

7. За счет потенциальной энергии воздуха. При подъеме шара его потенциальная энергия увеличивается, однако на занимаемое им место опускается воздух, плотность которого больше средней плотности шара.

8. Резонатор усиливает рассеяние звука. Хотя будет слышен более сильный звук, его длительность станет меньше. Излученная же энергия в обоих случаях одинакова.

9. Работа, требуемая для разрыва чугунной сферы, производится за счет внутренней энергии замерзающей воды.

10. Бабочка "разогревается", подобно спортсмену, делающему разминку перед стартом.

11. Энергия колебаний расходуется на возбуждение вихревых токов в каркасе прибора и в цепи замкнутой катушки, в конечном итоге – на выделение тепла.

12. Нет, не противоречит. Чтобы магнит мог вторично притянуть предмет, его необходимо удалить, т. е. совершить работу против силы, действующей на магнит со стороны предмета. Эта работа в точности равна той, что совершил магнит при подъеме предмета.

13. При раздувании шарика энергия взаимодействия зарядов уменьшается. Поскольку одноименные заряды отталкиваются, заряженный шарик раздувать легче.

Мыслительный эксперимент. Вода в скатывающейся бутылке практически не вращается, и ее потенциальная энергия почти целиком переходит в кинетическую энергию поступательного движения. Значительная же доля потенциальной энергии бутылки с песком переходит в кинетическую энергию вращательного движения. Поэтому скорость поступательного движения бутылки с песком оказывается меньше, а время скатывания – больше.

Момент

1. Во-первых, улучшаются условия захвата, во-вторых, слой материи, намотанной на пробку, увеличивает плечо сил, отвертывающих пробку, в то время как момент сил сцепления пробки со стенками сосуда не изменяется.

2. Если стержень удерживать за середину, необходимо приложить силу, равную силе тяжести стержня. Если же удерживать его за конец, надо еще создать момент, уравновешивающий момент силы тяжести стержня.

3. Половинку.

4. Рассматривая вращение колеса вокруг точки его соприкосновения с землей, легко видеть, что к верхней точке обода колеса следует приложить меньшую силу, чем к корпусу телеги, соединенному с осью колеса.

5. При уменьшении радиуса оси часового колеса уменьшается момент силы трения относительно ее центра; значит, меньше становятся и потери на работу против сил трения.

6. Моменты сил реакции пола и стены, а также момент силы натяжения веревки относительно точки O (рис. 11) равны нулю при

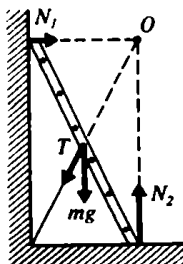


Рис. 11

любой силе натяжения. Момент силы тяжести относительно той же точки отличен от нуля. Следовательно, лестница упадет в любом случае.

7. Если угол наклона плоскости к горизонту мал, то в месте соприкосновения мяча с плоскостью проскальзывания нет и сила тяжести мяча создает момент, который заставляет мяч поворачиваться вокруг этой точки. При достаточно большом угле мяч катится по наклонной плоскости с проскальзыванием. По абсолютно гладкой поверхности мяч скользил бы не вращаясь.

8. Момент сил трения, вращающий кирпич по часовой стрелке, должен быть равен моменту сил реакции плоскости на кирпич. Отсюда следует, что сила реакции плоскости на нижнюю часть кирпича должна быть больше, чем на верхнюю. Значит, и сила давления нижней половины кирпича на плоскость должна быть больше.

9. Резкие движения ног конькобежца вызывают появление моментов сил, стремящихся повернуть его корпус вокруг вертикальной оси. Поэтому конькобежец в такт движению ног размахивает руками так, чтобы движением рук создать компенсирующие моменты сил.

10. При протекании тока на рамку со стороны магнитного поля действует сила, создающая вращающий момент относительно горизонтальной оси. Рамка отклоняется до тех пор, пока этот момент не уравновесится моментом силы тяжести.

11. При таком расположении витка момент действующих на него магнитных сил равен нулю.

12. Двигатель, установленный посередине машины, обладает меньшим моментом инерции относительно центра масс автомобиля, поэтому для поворота будет нужен меньший момент сил.

13. Это – пример, иллюстрирующий закон сохранения момента импульса. Прижимая руки к телу, фигуристка уменьшает свой момент инерции и тем самым увеличивает угловую скорость вращения.

14. Если положить шары рядом на наклонную плоскость и отпустить их, то медный шар, скатываясь, отстанет от алюминиевого, поскольку у медного шара момент инерции больше – его масса в среднем больше удалена от оси вращения.

15. При нагревании увеличится длина обруча, что равносильно увеличению его радиуса. При этом возрастет момент инерции обруча; значит, угловая скорость должна уменьшиться.

Микроопыт. Вращение вокруг осей, соответствующих максимальному и минимальному моментам инерции тела, как показывают опыт и расчеты, устойчиво. Вращение же вокруг оси, соответствующей промежуточному значению момента инерции, неустойчиво, и всякое малое возмущение в этом случае приводит к беспорядочному движению.

Простые машины

1. Когда веревки параллельны.
2. См. рис. 12.
3. Первая катушка покатится вправо, вторая – влево.
4. Ответ можно получить с помощью ближайшей двери на петлях.
5. Не нарушится, так как относительное уменьшение сил, действующ-

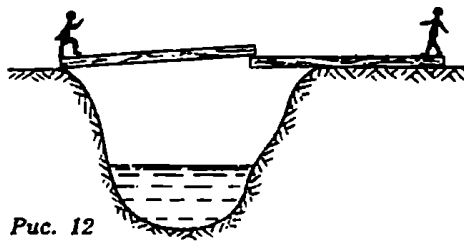


Рис. 12

щих на рычаг, будет одним и тем же для обоих его концов (и силы тяжести, и архимедовы силы пропорциональны объемам шаров).

6. Нет, поскольку сила F_3 не создает момента относительно точки опоры.

7. Сдвинется левый брусок (см. рис. 13, вид сверху).

8. См. рис. 14.

9. См. рис. 15.

10. Да, примерно в два раза.

11. Когда брусья более длинные.

12. Применение веревки, перекинутой через бочку, дает выигрыш в силе в два раза, наклонная плоскость (при $\alpha = 30^\circ$) – также в два раза; следовательно, общий выигрыш в силе – в четыре раза.

13. Наконечникам сообщается по возможности большая скорость. Вращаясь по инерции, они увеличивают силу нажима пресса.

14. См. рис. 16.

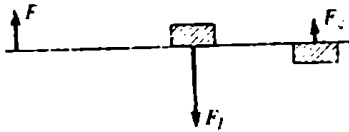


Рис. 13

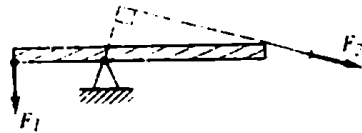


Рис. 14

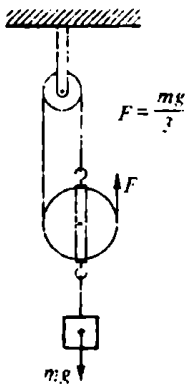


Рис. 15

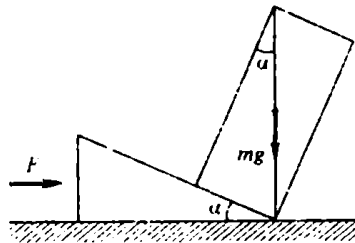


Рис. 16

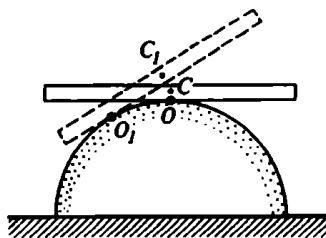


Рис. 17

15. При наклоне линейки ее центр тяжести поднимается (см. рис. 17). Значит, равновесие устойчивое.

Микроопыт. При сгибании конца полоски ее центр тяжести сместится и не будет совпадать с точкой опоры. Полоска упадет.

ТЕЛА ОСНОВНЫЕ МЯГУТСЯ В ВЕЧНОМ ДВИЖЕНИИ..."

Насколько малы молекулы

1. В растворе молекулы воды и спирта "упакованы" плотнее за счет того, что между молекулами воды и спирта, взятыми по отдельности, существуют промежутки.

2. Из-за разности давлений внутри шарика и снаружи молекулы воздуха "просачиваются" через оболочку шарика, и давление в нем падает.

3. Молекулы компонентов с меньшей молярной массой подвижнее и поэтому чаще проходят сквозь поры трубы.

4. Медленнее всего продвигаются ионы наиболее массивного изотопа.

5. Ударами молота достигается хороший контакт привариваемых кусков. При температуре белого каления взаимная диффузия частиц происходит с большей скоростью и на большую глубину.

6. Нет. Для этого надо было бы знать местоположение молекулы на поверхности цилиндра, но это сделать невозможно.

7. Общее давление на омедненную часть пластинки примерно в два раза меньше из-за неупругого столкновения молекул хлора и меди.

8. На больших высотах, так как там воздух разрежен.

9. При равных давлении и температуре в равных объемах содержится одинаковое число молей любого газа. Средняя молярная масса воздуха больше средней молярной массы смеси воздуха с водяным паром. Поэтому сосуд с влажным воздухом легче сосуда с сухим.

10. Ионизация молекул газа быстрыми заряженными частицами.

11. Частица при столкновении с молекулами газа расходует свою кинетическую энергию на ионизацию молекул.

12. Нет, только в случае, если давление газа не слишком велико, а температура не слишком мала.

Микроопыт. Сам водяной пар невидим. При выключении газа исчезают струи нагретого воздуха, обтекавшие чайник. Выходящий из

чайника водяной пар охлаждается и конденсируется. Мы наблюдаем возникающее при этом облако мельчайших капель.

Как движутся молекулы

1. Нет, броуновское движение – это движение отдельных частиц вещества под воздействием ударов молекул, совершающих тепловое движение.

2. Частицы дыма участвуют в броуновском движении и постепенно удаляются друг от друга, отчего плотность дыма уменьшается.

3. Из-за ослабления броуновского движения капелек масла.

4. Число ударов молекул жидкости о поверхность частицы растет пропорционально площади этой поверхности, масса же частицы пропорциональна ее объему. Поэтому с ростом размеров частицы молекулы все труднее сдвинуть частицу. Броуновская частица также должна быть достаточно малой, чтобы удары молекул были нескомпенсированы.

5. С ростом температуры увеличивается скорость диффузии.

6. Частые соударения молекул приводят к тому, что пути, проходимые ими, намного протяженнее перемещений – движение происходит по зигзагообразным траекториям.

7. Через пленку лака пары воды диффундируют медленнее, дерево "просыхает" равномерно по всей толще и шар не растрескивается.

8. Из-за большой разреженности атмосферы числа молекул в единице объема оказывается недостаточно для того, чтобы передать при соударениях со спутником заметное количество энергии.

9. Если у Луны и была атмосфера, то за долгое время существования Луны она исчезла: среди молекул, составлявших атмосферу, всегда (в отличие от Земли) присутствовало достаточно много таких, у которых скорость теплового движения достигала второй космической скорости для Луны.

10. При длительном плотном соприкосновении атомы гайки и болта из-за диффузии перемешиваются на границе, приводя к плотному соединению.

11. Понятно, что если давление газа поддерживалось постоянным (сосуд прикрыт легкоподвижным поршнем), то после исчезновения сил притяжения между молекулами объем газа увеличится. Значит, в сосуде с постоянным объемом давление газа на стенки возрастет.

12. В поступательном, вращательном и колебательном (когда атомы внутри молекулы колеблются друг относительно друга или молекулы колеблются в поле соседних молекул).

13. Хаотическое движение молекул сохраняется и в условиях невесомости, что обеспечивает приток кислорода за счет диффузии.

Микроопыт. Запах разогретого асфальта распространяется на большие расстояния благодаря, в том числе, и диффузии частичек асфальта, проникающих в воздух.

Взаимодействие молекул

1. Напряжения, которые сами по себе недостаточны, чтобы нарушить целостность материала, могут способствовать продвижению имею-

щейся в стекле трещины вглубь или вдоль поверхности. В результате в трещину могут проникнуть инородные молекулы, которые и нарушат связи между молекулами стекла.

2. Свинец мягче стали, поэтому поверхности двух его кусков легче сблизить до расстояния, на котором проявляются силы молекулярного сцепления.

3. Всякие загрязнения ухудшают сцепление осаждаемого металла с основой.

4. Устойчивость мыльной пленки обусловлена большой вязкостью мыльного раствора.

5. При растяжении упругой резиновой пленки сила натяжения зависит от величины деформации пленки. Сила же поверхностного натяжения жидкости определяется только свойствами самой жидкости и не меняется с увеличением ее поверхности.

6. Молекулярные силы притяжения действительно тянут находящиеся на поверхности молекулы в глубь жидкости, но эти силы уравновешиваются силами отталкивания со стороны молекул, находящихся непосредственно под поверхностным слоем.

7. Чем меньше радиус шара, тем сильнее поверхностная пленка сжимает воздух внутри него.

8. Вода растечется по всей внутренней поверхности сосуда, а в центре образуется пузырек воздуха. Ртуть же образует в центре большую сферическую каплю.

9. За счет энергии взаимодействия молекул.

10. У мела капилляры меньшего диаметра, чем у губки.

11. Коэффициент поверхностного натяжения убывает при повышении температуры. Поэтому масса капли, отрывающейся от пипетки в жарко натопленной комнате, меньше, чем в прохладной; значит, нужно увеличить число капель.

12. Да. Один конец проволоки нужно опустить во флакон, а другой приложить к краю стакана. Вода стечет по проволоке во флакон, так как ее "удержит" поверхностная пленка.

13. Вырезав из всех сортов бумаги узкие полоски, следует погрузить их концы в воду. В той полоске, где поры меньше, вода поднимается на большую высоту.

14. Часть полена в тени холоднее. Поэтому капиллярные силы перемещают воду в этом направлении.

Микроопыт. Три струйки соединятся в одну. Это объясняется молекулярным притяжением, возникающим при сближении струй.

Температура

1. За длительное время температуры полотенца и батареи выравняются. Однако на ощупь ткань будет казаться менее горячей из-за меньшей теплопроводности.

2. Температура повысится. Количество теплоты, выделяемое в единицу времени в комнате, будет равно мощности, потребляемой холодильником.

3. Выждать пять минут, затем бросить сахар. Количество теплоты,

отдаваемое нагретым телом окружающей среде за одно и то же время. пропорционально разности температур тела и среды.

4. Стержень выскочит, так как температурный коэффициент линейного расширения у железа меньше, чем у цинка.

5. Вначале уровень керосина понизится за счет теплового расширения колбы. Когда же прогреется и керосин, его уровень повысится за счет того, что температурный коэффициент расширения у керосина больше, чем у стекла.

6. Да.

7. Можно предварительно охладить термометр в холодильнике и стряхнуть. Или же нужно подержать термометр под мышкой в течение долгого времени, извлечь его и сразу же стряхнуть. Термометр покажет температуру тела.

8. Нет, поскольку ртуть замерзает уже при температуре около $-38,9^{\circ}\text{C}$.

9. Выше, иначе вокруг нас не было бы воды в жидком состоянии.

10. Главных причин три: в городе меньше испарение; мостовые и здания накапливают больше тепла, чем почва; из-за большой высоты строений и их расположения ветер в городе слабее.

11. Во втором случае часть межмолекулярных связей кристаллической решетки уже разрушена при измельчении кристалла. Поэтому для растворения порошка требуется меньше энергии, и температура воды после растворения во втором сосуде будет более высокой.

12. Эталон силы света, использующий тепловое излучение, должен иметь стабильную температуру, что достигается только в процессе кристаллизации металла.

13. Прохладным вечером горячий дым и газы интенсивнее поднимаются вверх, чем днем.

14. Вначале подливали более холодную воду, затем – более горячую, чем вода в сосуде.

15. При измерении омметром определяется сопротивление практически холодной нити, при расчете – раскаленной до тысяч градусов Цельсия.

Микроопыт. Железо, обладая хорошей теплопроводностью, отводит тепло от бумаги, поэтому ее температура не достигает той, при которой бумага может загореться.

Газовые законы

1. Вода по сравнению с газом практически несжимаема.

2. Не нарушится.

3. См. рис. 18.

4. Расширяли.

5. При горизонтальном положении трубки давления справа и слева на капельку будут уравновешены – устройство не может служить термометром. При вертикальном положении трубки давление в нижнем шарике больше давления в верхнем на постоянную величину. При неизменном объеме давление с ростом температуры увеличивается тем быстрее, чем выше начальное давление (см. рис. 19). Для поддержания

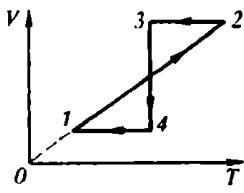


Рис. 18

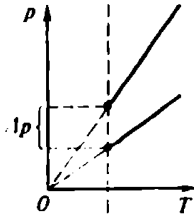
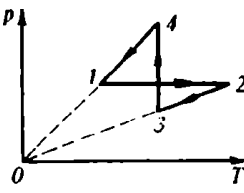


Рис. 19

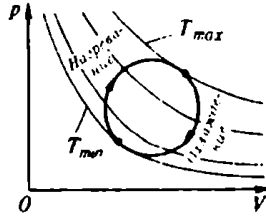


Рис. 20

постоянной разности давлений в шариках капля станет перемещаться вверх – устройство может служить термометром.

6. Рост давления по мере повышения температуры ускорится по сравнению с ростом, предсказываемым законом Шарля.

7. При адиабатическом расширении давление падает быстрее, чем при изотермическом. Кривая 1-1 – адиабата.

8. Увеличилось в 3 раза.

9. См. рис. 20.

10. Одинаковым.

11. Если считать, что температура пузырька не менялась при подъеме, то глубина озера порядка 10,3 м.

12. В рабочем режиме, когда газ в баллоне нагрет, его давление не должно превышать атмосферное.

13. Повышается.

14. Возрастает, так как объем пузырька увеличивается, а вода практически несжимаема.

Микроопыт. Часть нагретого воздуха в стакане, расширяясь, выйдет наружу. Когда бумажка погаснет, воздух остынет, давление его упадет, и под стакан под действием атмосферного давления войдет некоторое количество воды.

Термодинамика

1. Необходимо, чтобы процессы протекали без теплообмена с окружающей средой и без совершения работы.

2. Нет, так как удельные теплоемкости воды и алюминия различны.

3. Теплоемкость пилы меньше, чем дерева.

4. Изменения температур кофе и молока обратно пропорциональны их массам. Поэтому при добавлении, скажем, 10 г молока при 5°C в чашку кофе – 200 г при 95°C – температура кофе понизится меньше чем на 5°C .

5. У воздуха меньшая, чем у воды, удельная теплоемкость, поэтому воздушная грелка быстро охлаждается.

6. Изменения температур меди и железа обратно пропорциональны их удельным теплоемкостям. Поэтому сильнее нагреется медное тело.

7. Масса воды примерно в 11 раз меньше массы медного сосуда.

8. Нет, поскольку помимо одинакового изменения внутренней энергии потребуется совершить различную работу при подъеме центра тяжести первого ($A > 0$) и опускании второго ($A < 0$) шара.

9. Да, если тело будет совершать работу (или переходить в иное агрегатное состояние).

10. Процессы 1–2 и 4–1 протекали с поглощением теплоты, а 2–3 и 3–4 – с выделением.

11. Во втором случае подводимая энергия расходуется не только на нагревание газа, но и на совершение механической работы.

12. Температура газа будет понижаться. Из-за превращения части внутренней энергии в механическую работу, совершаемую при расширении газа.

13. Теплый воздух, поднимаясь по склонам гор, попадает в область более низкого атмосферного давления, расширяется и охлаждается.

14. Из-за особенностей теплового расширения воды ответ зависит от ее начальной температуры. Увеличение внешнего давления при неизменной температуре приводит к уменьшению объема. Температуру воды нужно изменять так, чтобы компенсировать это изменение объема. Значит, если начальная температура воды ниже 4°C , воздух следует охлаждать, при температуре выше 4°C – нагревать.

Микроопыт. Сжатый в бутылке газ быстро расширяется, совершая работу против сил атмосферного давления, его температура падает, и часть содержащегося в газе водяного пара конденсируется в виде тумана. Подобная картина наблюдается, например, при выпуске сжатого воздуха или кислорода из баллона, когда вентиль покрывается росой или даже инеем.

Испарение, кипение, плавление

1. Наличие пор в стенках сосуда приводит к увеличению свободной поверхности жидкости, и большее число высокоэнергичных молекул могут покинуть ее, тем самым охлаждая содержимое сосуда.

2. Хлеб черствеет, часть влаги испаряется, и вес хлеба уменьшается.

3. Увеличение свободной поверхности жидкости увеличивает скорость ее испарения.

4. Вода из-за большой теплоемкости прогревается медленнее воздуха, поэтому она холоднее. При выходе из воды капельки ее, оставшиеся на теле, испаряются, кожа охлаждается, и воздух кажется холоднее воды.

5. Из-за отсутствия в невесомости конвекции до кипения нагреется лишь локальная часть объема воды. Пар, расширяясь, вытеснит всю воду из сосуда прежде, чем она закипит.

6. При кипении в пробирке будет насыщенный пар, вода в стакане и в пробирке установится на одном уровне.

7. Вода внутри макарон не кипит, так как ее температура равна

температуре воды в кастрюле и поэтому нет подвода тепла от более нагретого тела.

8. Можно, если понижать давление в сосуде с водой до давления насыщенного пара при данной температуре.

9. Движение воды в реке постоянно выносит со дна на ее поверхность более теплую воду.

10. Да, если вода нагревается в герметически закупоренном сосуде.

11. График 1 относится к стеклу, 2 – к металлу.

12. За счет потенциальной энергии взаимодействия молекул, убывающей при их перестройке в процессе кристаллизации.

13. Вентилятор ускоряет процесс обмена воздуха, из которого мороженое поглощает энергию при таянии, поэтому брикет под вентилятором растает быстрее.

14. Нет.

15. Проволочки из разных металлов необходимо поочередно помещать в нужное место пламени и следить за появлением шарика на конце одной из них. Зная температуру плавления металла, из которого сделана проволочка, можно оценить температуру интересующего нас участка пламени.

Микроопыт. Медная проволока перережет лед быстрее. Одна из причин – хорошая теплопроводность меди, обеспечивающая подвод тепла из окружающей среды к месту контакта "лед – медь".

Пары

1. На раскаленной плите вокруг капли образуется оболочка пара, подбрасывающего каплю.

2. При повышении температуры.

3. Когда температура воздуха наименьшая (обычно – около 5 часов утра).

4. При высокой влажности затруднен отвод тепла за счет испарения влаги, поэтому возможен перегрев тела, нарушающий жизнедеятельность организма.

5. Давление насыщенного водяного пара на улице гораздо меньше, чем в комнате, так как температура воздуха в комнате выше. При открывании форточки пар начнет быстро выходить наружу, и белье высохнет быстрее.

6. Нельзя, поскольку под поршнем вместо разреженного воздуха будет находиться пар под давлением, равным атмосферному.

7. Сжатием пара и понижением температуры.

8. В состоянии насыщенного пара, находящегося над жидкостью.

9. Ненасыщенным паром.

10. Изменится: в узком сосуде повысится. Прекратится отвод пара из широкого колена сосуда, пар над жидкостью в нем станет насыщенным, и его давление превысит давление пара в узком колене.

11. Нет, так как при сжатии пар станет конденсироваться и его давление меняться не будет.

12. При встряхивании увеличивается поверхность испарения, что влечет за собой рост давления пара.

13. Если над водой находится только насыщенный пар, то при

наклоне трубки уровни воды в ее коленах будут одинаковыми, а если есть и воздух – то различными.

14. Пар, ненасыщенный для мелкой капли, будет пересыщенным для крупной, так как давление насыщенного пара над поверхностью жидкости зависит от ее кривизны.

15. Влажный воздух менее плотный, и в нем звук распространяется быстрее.

Мифроопыт. Крышка неподвижна у того чайника, в котором меньше воды и пар уходит через носик. В чайнике, где воды больше, пар, накапливаясь под крышкой, при достаточном давлении приподнимает ее, вырываясь наружу.

Опыты и наблюдения

Наверное, большинство читателей успешно справились с ответами на все вопросы. Однако если у кого-то возникли сомнения, советуем обратиться к замечательной книге Я. И. Перельмана "Занимательная физика".

"ДАЖЕ СКВОЗЬ СТЕНЫ ДОМОВ ПРОНИКАЮТ НЕБЕСНЫЕ МОЛНИИ..."

Электрическое поле

1. Обычно влажность воздуха зимой ниже, чем летом, особенно внутри отапливаемых помещений. А повышенная влажность благоприятствует стеканию зарядов.

2. Кольцо и маленький шарик, движущийся по оси кольца.

3. Не противоречит. Под действием электрического поля палочки в обрезках бумаги происходит разделение зарядов и обрезки ведут себя аналогично электрическому диполю.

4. См. рис. 21: $E_1 = kq/r^2$, $E/E_1 = L/r$, $E = kqL/r^3$.

5. См. рис. 21.

6. Положительно заряженный шар во всех полях будет двигаться

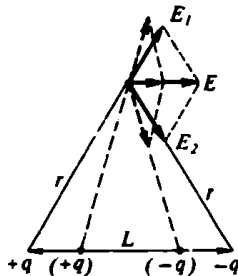


Рис. 21

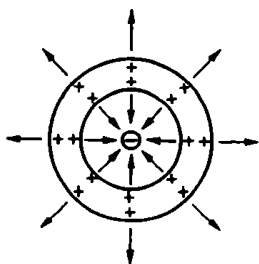


Рис. 22

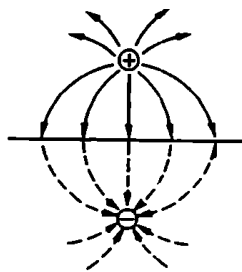


Рис. 23

вправо. Незаряженный шар в поле 1 будет двигаться вправо, в поле 2 – влево, в поле 3 – останется в покое.

7. Электрические заряды скапливаются на внешней поверхности проводника. Поэтому внутри цилиндра напряженность электрического поля стала равной нулю, а у внешней поверхности увеличилась.

8. См. рис. 22.

9. Вводя пластинку из диэлектрика, мы ослабляем поле в пространстве, занятом диэлектриком, но не изменяем поля в зазорах между диэлектриком и пластинами конденсатора. Значит, силы, действующие на пластины конденсатора, не изменятся.

10. См. рис. 23: $F = kq^2/(4r^2)$.

11. Поскольку разность потенциалов между обкладками конденсатора не изменится, то не изменится и напряженность поля.

12. Нет. При перемещении заряда по замкнутому контуру работа поля была бы равна нулю.

13. Если электрическое поле конденсатора считать однородным, то разность потенциалов на пути, пройденном электроном внутри конденсатора, изменяется на $U/2$. Следовательно, кинетическая энергия электрона увеличивается на $qU/2$, где q – модуль заряда электрона.

Микроопыт. Близлежащие и отдаленные от палочки капли электризуются под ее влиянием разноименно и, притягиваясь, сливаются.

Электрические цепи

1. $R/2$.

2. Сопротивление нити накала в холодном состоянии меньше, и, следовательно, пусковой ток в лампе больше рабочего.

3. В цепи, показанной на рисунке 24, а, ток идет в направлении

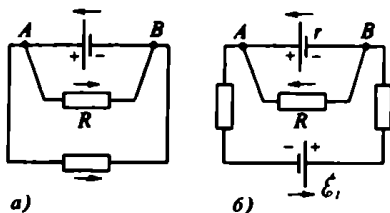


Рис. 24

ARB , а на рисунке 24, б – в направлении BRA , если $r \neq 0$ а ξ достаточно велика.

4. Строго да, если вольтметр электростатический. Вольтметры, через которые идет ток, показывают напряжение на самих себе, но если сопротивление такого вольтметра много больше внутреннего сопротивления источника, то показание вольтметра практически равно ЭДС источника.

5. Приборы не испортятся, так как амперметр будет включен последовательно с вольтметром, имеющим большое сопротивление.

6. Да, параллельно какому-нибудь резистору.

7. Будет равна нулю.

8. После внесения проводника в поле в нем начинается перемещение зарядов. Оно будет происходить до тех пор, пока в проводнике не образуется поле, направленное противоположно первоначальному. Складываясь, эти поля уничтожают друг друга.

9. Будет, так как потенциалы проводников AB и CD станут различными. Направления возникающих токов указаны на рисунке 25.

10. На палец, если его сунуть в патрон, придется практически все напряжение цепи, так как сопротивление пальца много больше сопротивления гирлянды.

11. Ярче всего должен светиться участок AC – его сопротивление меньше, чем сопротивления участков ABC и ADC . Через участок BD ток не пойдет вообще.

12. Точки A и C , как и точки B и D , имеют соответственно одинаковые потенциалы. Поэтому эквивалентная начальная схема будет выглядеть так, как показано на рисунке 26. Полное сопротивление равно $R/3$.

13. Кольцо в цепи – параллельное соединение двух проводников. Сопротивление при движении контакта уменьшается, поэтому падает и напряжение на зажимах источника.

14. $r/2$. См. рис. 27: сопротивление AD можно исключить из цепи.

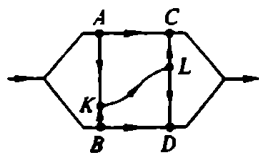


Рис. 25

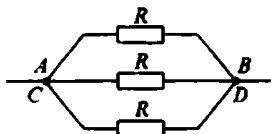


Рис. 26

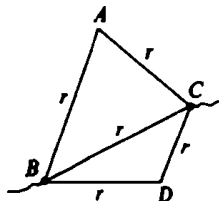
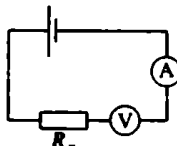


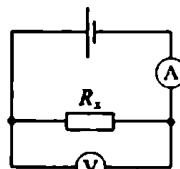
Рис. 27



$$R_x = \frac{U_1}{I_1}$$

а)

Рис. 28



$$R_x = \frac{U_2}{I_2 - \frac{U_2}{R_v}}$$

б)

15. На \sqrt{n} частей.

Микроопыт. Необходимо сделать два измерения – см. рис. 28.

Электрический ток

1. Увеличилось в 4 раза.

2. В нити, поскольку площадь поперечного сечения у проводов значительно больше, чем у нити.

3. Одинаковое.

4. Да – в накаливаемом состоянии ($t > 300^\circ \text{C}$).

5. Средняя скорость упорядоченного движения носителей заряда в полупроводнике будет больше, чем в металле.

6. В кристаллической решетке дырки могут образовываться и нейтральными атомами примеси, валентность которых ниже валентности основных атомов решетки.

7. Острие – к отрицательному полюсу, диск – к положительному.

8. Электропроводность полупроводников в сильной степени зависит от их освещения.

9. Заполнив трубку раствором, мы как бы включаем параллельно трубке еще одно сопротивление. Следовательно, показание амперметра увеличится.

10. На третьем катоде – больше, поскольку сила тока здесь наибольшая.

11. В электролитах молекулы распадаются только на ионы (диссоциация) и только за счет энергии теплового движения. Молекулы же газа распадаются на ионы и электроны (ионизация) не только вследствие теплового движения, но и под действием различных излучений.

12. При разрежении газа увеличивается длина свободного пробега ионизирующих частиц и возрастает вероятность ионизации. Но при высоком вакууме это ведет к росту сопротивления, поскольку падает концентрация ионизируемых молекул газа.

13. При высокой температуре уголь, как и металлы, излучает электроны.

14. Да, так как в космосе – вакуум.

Микроопыт. Свет "зажигается", когда до лампочки доходит сигнал – изменение электрического поля в проводнике. Это может произойти примерно за 10^{-9} с. Однако, чтобы нить начала светиться видимым светом, ток должен ее нагреть до нескольких тысяч градусов. На это обычно требуется 0,01–0,1 с. Практически заметить такой промежуток нельзя.

Закон Джоуля – Ленца

1. В медной.

2. Более мощная лампа имеет меньшее сопротивление, а сила тока, протекающего через лампы, одинакова. Следовательно, менее мощная лампа будет гореть ярче.

3. В резисторе сопротивлением R_2 .

4. В момент замыкания ток в цепи будет наибольшим из-за того, что сопротивление холодного металла меньше, чем раскаленного.

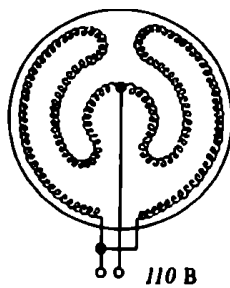


Рис. 29

5. Теплоотдача увеличится.

6. См. рис. 29.

7. Сопротивление охлажденной части проволоки становится меньше сопротивления неохлажденной части, общий ток в цепи возрастает, и на неохлажденной части проволоки выделяется больше тепла.

8. Так как теплоотдача растянутой части спирали больше, чем нерастянутой, ее температура будет меньше. Тогда по причинам, указанным в ответе к предыдущей задаче, показания вольтметра, подключенного к нерастянутой части спирали, будут выше.

9. Мощность, потребляемая утюгом в первый момент после включения, во много раз больше номинальной, так как сопротивление холодной спирали мало. Поэтому велико падение напряжения на подводящих проводах. По мере нагревания спирали потребляемая утюгом мощность падает, приближаясь к номинальной.

10. На нагревание комнаты.

11. Механическая работа затрачивается на создание в перемычке постоянного тока, а значит, на выделение энергии в резисторе.

12. В первом случае ток через лампочку 2 начинает идти после того, как нить лампы 1 накалилась и ее сопротивление стало значительным. Во втором случае ток через лампочку 2 начинает идти сразу, т. е. когда нить лампы 1 еще не нагрелась и ее сопротивление мало.

13. При нагревании полупроводника током его электрическое сопротивление уменьшается.

14. После подключения к источнику проволока начинает нагреваться, ее длина и сопротивление увеличиваются. Вследствие этого уменьшается ток, а вместе с ним — и количество выделившегося тепла. В результате длина проволоки уменьшается. И т. д.

15. Во время введения сердечника в соленоиде возникает ЭДС индукции, вызывающая падение тока в цепи. Следовательно, накал лампы будет уменьшаться.

Микроопыт. Необходимо настроить приемник на программу "Маяк", отключить все электроприборы, кроме утюга, и с помощью счетчика найти количество электроэнергии, израсходованной утюгом за промежуток между двумя позывными "Маяка", т. е. за полчаса. Затем можно рассчитать мощность утюга и, зная напряжение в сети, определить сопротивление утюга.

Магнетизм

1. Необходимо прикоснуться концом одного стержня к середине другого (в виде буквы Т).

2. Сначала магнит создает в нижних концах иголок одноименные магнитные полюса, что вызывает отталкивание иголок друг от друга. Когда магнит приближается на достаточно малое расстояние, взаимодействие между ним и каждой из иголок становится сильнее взаимодействия между иголками, и они опускаются, притягиваясь к магниту.

3. Да, на концах стержня будут одноименные полюса.

4. Возникнет. Электроны сверхпроводящего кольца не будут увлечены движением, а положительные ионы кристаллической решетки – будут, что и создаст магнитное поле.

5. Нулю.

6. В проводниках объемный электрический заряд равен нулю, поэтому проявляются только магнитные силы. В случае катодных пучков действуют и магнитные, и электрические силы, но преобладают силы отталкивания между одноименными зарядами.

7. Витки пружины представляют собой параллельные проводники, по которым течет ток в одном направлении. При прохождении тока витки притягиваются друг к другу, что вызывает размыкание цепи. Магнитное поле исчезает, пружина распрямляется, нижним концом замыкает цепь, и все повторяется.

8. Провод обовьется вокруг магнита.

9. Сила взаимодействия равна нулю, так как направление кругового тока совпадает с направлением линий магнитной индукции прямолинейного тока.

10. Сила взаимодействия уменьшится.

11. Кольцевой ток, текущий в плоскости, близкой к экваториальной.

12. При параллельном включении катушек в сеть постоянного тока магнитное поле возрастет в три раза. При включении в сеть переменного тока амплитудное значение магнитного поля практически не изменится.

Микроопыт. Магнитное поле Земли на расстояниях порядка магнитной стрелки практически однородно, поэтому, действуя на стрелку, может создавать только вращающий момент. Поле постоянного магнита на этих расстояниях неоднородно, поэтому вызывает не только вращательное, но и поступательное движение стрелки.

Как движутся заряженные частицы

1. Только в поле, силовые линии которого прямые, и если начальная скорость частицы направлена по силовой линии.

2. Отклонение протона в два раза больше.

3. Электрон начнет ускоряться под влиянием положительных индукционных зарядов, возникающих на трубе в месте сужения.

4. При определенной – достаточно большой – начальной скорости заряд уйдет в бесконечность; при меньших скоростях он будет совершать периодическое движение вдоль оси кольца.

5. Да, если частица движется вдоль эквипотенциальной поверхности.

6. Вертикально вверх.
7. Более быстрые частицы отклоняются на меньший угол.
8. Такая стрелка была бы неподвижной относительно электронов и не обнаружила бы магнитного поля.
9. Нет, так как действующая на частицу сила Лоренца не совершает работы.

10. По винтовой линии с переменным шагом, причем ось спирали параллельна \vec{E} и \vec{B} .

11. При возмущении прямолинейного движения на частицу начнет действовать сила Лоренца, и частица станет двигаться по спирали.

12. Пересекая пластинку, частица теряет долю своей энергии, скорость ее уменьшается, и траектория сильнее искривляется магнитным полем. Следовательно, частица двигалась сверху вниз и была заряжена положительно.

13. Заряженные частицы сносятся магнитным полем Земли к полюсам, возбуждая там молекулы кислорода и азота, которые затем и "высвечиваются".

Микроопыт. Поднесенный к экрану телевизора магнит будет искажать изображение из-за воздействия магнитного поля на движение электронов в кинескопе.

Работа в полях

1. Во втором случае меньше – даже при наличии трения.
2. Величина работы пропорциональна пройденному пути, поэтому работы за равные промежутки времени различны.
3. Потянув цепочку за среднее звено, ее можно привести в такое же положение, которое занимают стержни. При этом будет совершена работа, за счет которой центр тяжести цепочки поднимется. Значит, он лежит ниже, чем центр тяжести стержней.
4. Скорость планеты максимальна при наибольшем сближении с Солнцем (перигелий), минимальна – при наибольшем удалении (афелий).
5. Однородное.
6. Да. У первого маятника период колебаний зависит от напряженности электрического поля и массы, у второго период такой же, как и в отсутствие зарядов.
7. Работа силы реакции нити равна нулю за любой промежуток времени (эта сила всегда перпендикулярна скорости маятника). Работа силы тяжести за период равна нулю, поскольку равно нулю изменение полной энергии.
8. Да, несмотря на то, что на различных участках поверхности шара V находятся заряды разных знаков.
9. Это утверждение было бы верным лишь для неограниченной в пространстве заряженной плоскости.
10. При удалении стекла совершает работу внешняя сила. За счет этой работы и увеличивается энергия конденсатора.
11. Работа затрачивается на перемещение зарядов против поля. Аккумулятор заряжается за счет этой работы и энергии конденсатора.

12. Направление силы Лоренца перпендикулярно скорости движения заряда.

13. В первом случае работа отлична от нуля, во втором – равна нулю.

14. При питании электромагнита током энергия расходуется на нагрев проводника.

Микроопыт. Если магнитное поле достаточно велико, чтобы вращать шарик на наклонную плоскость, то оно будет и достаточно сильным, чтобы не дать шарiku скатиться вниз по желобу.

Опыты и наблюдения

1. Нет. Мюнхгаузен "поднимал" центр тяжести системы "всадник – лошадь" за счет внутренних сил, что противоречит физическим законам. Вы же, подтягивая руль на себя, одновременно притягиваете себя к рулю, при этом центр тяжести системы "велосипед – человек" остается на прежней высоте.

2. См. рис. 30.

3. Вода, находящаяся в зазоре между стеклами, смачивает стекло, и силы поверхностного натяжения не дают оторвать стекла друг от друга. Если опустить стекла в воду, то исчезнет вогнутая боковая поверхность водяной прослойки, а вместе с ней – и стягивающие силы поверхностного натяжения.

4. Если пузырек смещен относительно центра, то шарик, положенный на поверхность воды, всегда будет поворачиваться так, чтобы полость находилась в наивысшем положении.

5. Скорость воздуха в струйке тем больше, чем больше давление в матрасе. Но давление во втором случае будет меньше.

6. При одинаковой силе ударов дверь больше деформируется, поэтому амплитуда ее колебаний больше и стук громче.

7. Прокатите смоченный водой мяч по полу и измерьте длину l влажного следа за один оборот. Диаметр мяча равен $d = l/\pi$.

8. Раствор сахара в воде имеет большее поверхностное натяжение, чем чистая вода, и силы поверхностного натяжения сближают спички. При растворении мыла натяжение воды уменьшается.

9. Яркость ткани зависит от ее освещенности, т. е. от угла падения лучей; этот угол различен для разных частей развевающегося флага.

10. Держа в руке кофемолку, вы в момент включения ощутите толчок, стремящийся повернуть ее в сторону, противоположную направлению вращения рогора.

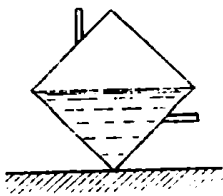


Рис. 30

11. Поверхность лужи отражает свет зеркально, поэтому свет фар практически полностью направлен от водителя; асфальт же рассеивает свет по всем направлениям, и часть его обязательно попадает в глаз водителя.

12. При переменном токе поднесенный к лампе магнит приведет ее нить в колебательное движение, и очертания нити станут расплывчатыми. При постоянном токе нить будет видна отчетливо, так как она лишь отклонится от начального положения.

13. До закрытия термоса освободившаяся часть его объема заполнилась холодным воздухом; затем, когда термос закрыли, воздух нагрелся, давление его увеличилось и вытолкнуло пробку.

14. Ответ звучал так: "Когда жарят, кипит не масло, а вода, содержащаяся в пище", и был признан верным.

"И СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ

ОНИ НАМ ДОСТАВЛЯЮТ ВЛЕСТЯЩИЙ..."

Колебания

1. В наименьшем.

2. Да, так как будет меняться положение центра тяжести системы "воронка – песок".

3. Нет, если не изменится положение центра тяжести системы.

4. Да, поскольку силы упругости существуют и в невесомости.

5. Период колебаний ареометра уменьшится.

6. $kA^2/2$.

7. Часы следует поднять.

8. Можно, если сообщать штативу небольшие толчки с частотой, равной частоте собственных колебаний одного из маятников (вызвать резонанс).

9. Маятники будут обмениваться энергией благодаря поперечной нити и станут попеременно останавливаться, приводя в движение "соседа".

10. Следует вывести маятники из положения равновесия и одновременно отпустить их, затем дожидаться, когда они одновременно вернуться в исходное положение. Если первый маятник за это время совершил n_1 колебаний, а второй – n_2 , то можно записать соотношение $T_2/n_2 = T_1/n_1 = T$ = n_1/n_2 , откуда $T_2 = T_1 n_1/n_2$.

11. Да, изменив темп ходьбы, т. е. изменив тем самым частоту внешней силы, вызывающей резонансные колебания воды.

12. Сила электрического взаимодействия шариков всегда направлена вдоль нити, поэтому она не отражается на величине возвращающей силы и не влияет на период колебаний.

13. Да, частота колебаний увеличится.

14. а) Уменьшится; б) увеличится.

15. За счет ЭДС самоиндукции катушки.

Микрофит. Период колебаний будет уменьшаться.

Звук

1. См. рис. 31. Здесь $t_1 = 3$ с, $t_2 = 4,5$ с, $l = 1$ км, $v = 330$ м/с (скорость звука).

2. Обычно скорость ветра на высоте больше, чем у земли, поэтому волновые поверхности становятся несимметричными (рис. 32) и в направлении ветра скорость волн оказывается больше, чем против ветра. В результате звук, распространяющийся против ветра, отклоняется вверх (кривая AB на рисунке), а распространяющийся по ветру — вниз (кривая AC).

3. При обтекании ветром проводов или ветвей деревьев воздушный поток становится неустойчивым и с препятствий могут срываться вихри. Они создают колебания давления воздуха, которые мы воспринимаем как звуки.

4. В струне — поперечными, в воздухе — продольными.

5. Чем больше давление воздуха в баллоне, тем выше тон издаваемого звука.

6. Когда струну дергают ногтем или медиатором, в ней возбуждается больше высших гармоник, чем когда ее трогают пальцами. Высшие гармоники и придают звукам банджо звенящую окраску.

7. Из-за многократных отражений замкнутое помещение более или менее равномерно заполняется энергией звуковых колебаний.

8. При переходах звуковой волны из воздуха в стекло и из стекла в воздух происходит ее отражение, вследствие чего доля энергии, попадающей в комнату, уменьшается.

9. Между пушинками свежесыпавшего снега существуют маленькие полости, которые поглощают звук так же, как современные звукопоглощающие покрытия.

10. Воздушная полость в чайнике служит резонатором для звуков.

11. Пластилин увеличивает массу стекла, что приводит к уменьшению собственной частоты колебаний стекла и расстраивает резонанс между ним в звуковыми волнами от автомашин.

12. Кончик бича, изгибаясь, либо бьет сам по себе, издавая при этом звук, либо, двигаясь быстрее звука, создает ударную звуковую волну.

13. Пуля, пущенная из ружья, движется со скоростью, превышаю-

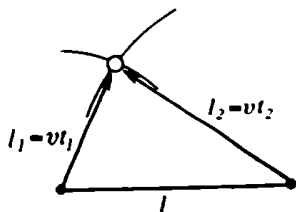


Рис. 31

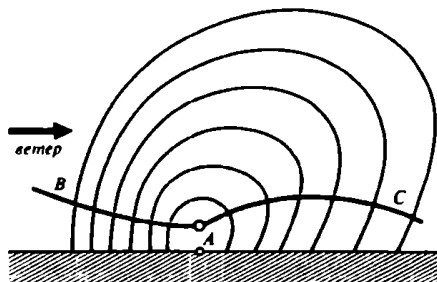


Рис. 32

щей скоростью звука в воздухе, вследствие чего образуется ударная волна.

14. Коническую поверхность, движущуюся со скоростью самолета.

15. Звуковая волна испытывает дифракцию на щели, и звук, проникая через щель, распространяется по всей комнате.

Микроопыт. Частоту можно определить по длине волны, а она приблизительно равна учетверенной длине воздушного столбика внутри ключа.

Электромагнитная индукция

1. Вдвинуть в катушку.

2. Против часовой стрелки.

3. ЭДС индукции будет наименьшая, когда рамка находится в плоскости, проходящей через провод, наибольшая – когда рамка перпендикулярна этой плоскости.

4. Нет, так как поток магнитной индукции контура B не пронизывает контур A .

5. Заряд одинаковый, а количество теплоты – нет, поскольку оно пропорционально скорости движения магнита.

6. Магнит будет падать так, как если бы он двигался в вязкой жидкости. При его движении в трубке возникает ЭДС индукции, которая порождает магнитное поле, препятствующее свободному падению магнита.

7. Наряду с обычным трением ротор тормозят и амперовы силы, действующие на него со стороны магнитного поля статора.

8. У самолета, летящего вблизи полюса.

9. В двух половинах проволоки возникают равные по величине, но противоположные по знаку ЭДС индукции, которые взаимно компенсируются.

10. Например, в однородном кольце, в котором наведен индукционный ток.

11. В точке B , так как на участке BCA , где отсутствуют источники, ток идет от B к A .

12. При переменном токе в монете возникают вихревые токи, при постоянном – нет.

13. Увеличится.

14. Поскольку сопротивление кольца равно нулю, то и суммарная ЭДС в нем всегда должна быть равна нулю. Это может быть только в том случае, если изменение полного магнитного потока через кольцо равно нулю. Следовательно, при удалении магнита созданный индукционным током магнитный поток сохранится равным Φ .

15. В два раза уменьшится период колебаний и во столько же раз увеличится амплитудное значение ЭДС индукции.

Микроопыт. Переменное магнитное поле вращающегося магнита возбуждает в диске индукционные вихревые токи, направленные так, что создаваемое ими магнитное поле тормозит движение магнита. По третьему закону Ньютона, равная и противоположно направленная сила действует на диск и увлекает его вслед за магнитом.

Емкость и индуктивность

1. По порядку величины электрическая емкость тела человека такая же, как емкость шара диаметром 1 м. Она составляет пример 50 пФ.

2. Не изменится.

3. $C_{\text{общ}} = C$. Конденсатор емкостью C_0 подсоединен к точкам, разность потенциалов между которыми равна нулю.

4. Каждая из пластин обладает определенной, обычно небольшой, емкостью относительно земли. При заземлении пластины нейтрализуются часть находящегося на ней заряда. Поэтому конденсатор будет разряжаться. На разряжаться он будет тем медленнее, чем больше его емкость по сравнению с емкостью пластин относительно земли.

5. В первом случае на большой сфере заряды будут располагаться только с внутренней стороны. Во втором случае они будут находиться с обеих сторон, и емкость всего конденсатора будет равна емкости системы двух параллельно соединенных конденсаторов с обкладками AB и BC (рис. 33).

6. Контакты рубильника обладают малой емкостью, напряжение между ними при размыкании быстро нарастает, достигая значений пробоя. При параллельном подключении конденсатора общая емкость увеличивается, напряжение между контактами нарастает медленно, пробой не наступает.

7. Если катушка включена в замкнутую цепь, то в ней возникнет постоянный ток, время установления которого определяется индуктивностью катушки и ее сопротивлением.

8. После того как на первую катушку намотали вторую, активное сопротивление стало вдвое меньше, а индуктивное осталось прежним. Следовательно, общее сопротивление уменьшится менее чем в два раза, т. е. будет больше 10 Ом.

9. Обмотка трансформатора сгорит, так как у нее велико только индуктивное сопротивление, активное же – ничтожно мало.

10. а) В медном сердечнике возникнут индукционные токи Фуко, магнитное поле которых будет ослаблять магнитное поле катушки. Это приведет к уменьшению ее индуктивности и, следовательно, к увеличению частоты колебаний. б) Сердечник из порошка феррита увеличит магнитное поле катушки и одновременно уменьшит токи Фуко. Соответственно возрастет индуктивность катушки, а частота – уменьшится.

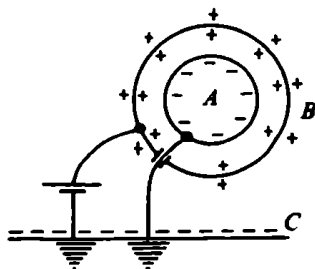


Рис. 33

11. Изменятся амплитуды колебаний силы тока, напряжения, магнитной индукции; сохранится период колебаний.

12. В системе возникнут незатухающие (если пренебречь излучением электромагнитных волн) колебания. При этом в момент, когда заряд распределен поровну между конденсаторами, энергия электростатического поля минимальна, а энергия магнитного поля максимальна.

13. Когда заряд на пластинах конденсатора достигает своего максимального значения, пластины следует раздвинуть, при этом совершенная работа пойдет на увеличение энергии контура. Когда заряд будет равен нулю, пластины следует сдвинуть до прежнего положения – энергия в контуре не изменится.

14. В ветвь *A* нужно включить катушку индуктивности, а в ветвь *B* – конденсатор.

15. Если пренебречь активным сопротивлением, то $U = I(\omega L - 1/(\omega C))$. Напряжение не зависит от тока только тогда, когда $\omega L = 1/(\omega C)$; в этом случае $U = 0$ при любом I .

Микроопыт. Следует увеличивать либо емкость, либо индуктивность.

Световые волны

1. Пучок света от лазера – практически параллельный.

2. Для разных длин волн показатели преломления одного и того же вещества различны.

3. Ближе к перпендикулярю – красный луч, дальше всех – фиолетовый.

4. Для любой линзы фокусное расстояние больше (по модулю) для красных лучей.

5. Через зеленое.

6. Красный, поскольку при переходе из одной среды в другую частота света, определяющая цвет лучей, не изменяется.

7. Нет, поскольку сама интерференция – следствие принципа суперпозиции, согласно которому фронты волн, "проникающих" одна в другую, взаимно не деформируются.

8. Да, так как бегущая и отраженная волны когерентны.

9. Из-за стекания воды нижняя часть пленки становится толще, а верхняя – тоньше. Поэтому соответствующие интерференционные полосы смещаются и изменяют ширину.

10. Цвет пластинки при наблюдении в отраженном свете обусловлен разностью хода лучей, отраженных от верхней и нижней границ пластинки (рис. 34). При уменьшении угла падения разность хода возрастает, а при увеличении угла – уменьшается.

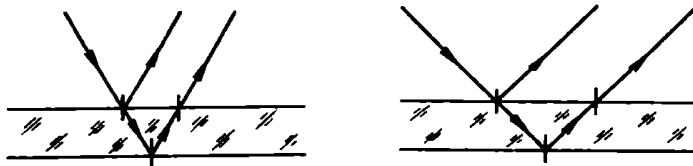


Рис. 34

11. Из-за дифракции на краях Луны.

12, 13. Начинают сказываться дифракционные явления.

14. Синие, поскольку рассеяние света в воздухе пропорционально четвертой степени частоты света.

Микроопыт. В щель будут видны дифракционные полосы: четкая полоса в центре и ряд более слабых по бокам.

Электромагнитные волны

1. Автомобильный приемник обычно принимает прямой сигнал передающей станции, в котором электрическое поле поляризовано вдоль передающей антенны, т. е. вертикально. Чтобы мощность принимаемого сигнала была максимальной, приемная антенна тоже должна быть вертикальной.

2. Короткие волны распространяются на большие расстояния благодаря многократным отражениям от поверхности Земли и от проводящих слоев атмосферы (ионосферы), что и приводит к возникновению зон молчания.

3. В отсутствие прямого солнечного излучения ионизация молекул в ионосфере уменьшается. Это увеличивает ее отражающую способность для более длинных волн и содействует их распространению на значительные расстояния.

4. Морская вода сильно поглощает электромагнитные волны.

5. Для определения расстояний до Луны и планет.

6. Ультракороткие волны, на которых осуществляются телерадиопередачи, распространяются практически по прямой, потому что ионосфера для этих волн прозрачна, а наземные препятствия они почти не огибают.

7. Вследствие обмена энергией в результате теплового излучения.

8. Да.

9. Обычное стекло поглощает как инфракрасные, так и ультрафиолетовые лучи.

10. Ультрафиолетовое излучение от естественной зелени и от предметов маскировки различно, поэтому различно их действие на фотопленку.

11. Энергия рентгеновских квантов не может превышать энергию, выделяющуюся при торможении электронов в трубке.

12. Можно, так как длина волны гамма-лучей еще меньше.

13. Чтобы получить точечный источник рентгеновских лучей, дающих на экране резкие очертания просвечиваемых предметов.

Микроопыт. Отражать инфракрасные лучи, испускаемые спиралью.

Волна

1. Для увеличения массы струны – чем больше масса, тем меньше частота упругих колебаний и ниже тон издаваемого струной звука.

2. Колеблются векторы электрической напряженности \vec{E} и магнитной индукции \vec{B} .

3. Энергия колебаний больших по глубине слоев воды передается у берегов более тонким слоям, и амплитуда колебаний увеличивается.

4. На мелком месте скорость волн меньше, чем на глубоком. Волны

испытывают преломление и изменяют направление своего распространения.

6. Звуковые волны огибают дверь за счет дифракции, а она, как известно, проявляется тогда, когда длина волны сравнима с размерами препятствия. Для световых волн это условие в данном случае не выполняется.

6. Обе части полоски будут выглядеть смещенными, причем фиолетовая, благодаря дисперсии, сместится больше, чем красная.

7. Штриховка играет роль дифракционной решетки, создающей спектр в отраженных лучах.

8. Если предмет попал точно в центр сосуда, то он возбудит круговую волну, которая одновременно во всех точках отразится от краев сосуда и сфокусируется в центре.

9. Если ни один из участков веревки не имел начальной скорости, то импульс будет распространяться вправо и влево симметрично.

10. Так как крылья стрекозы покрыты тонкой прозрачной пленкой, имеющей различную толщину, то при падении на пленку солнечных лучей образуются цветные интерференционные полосы. Положение этих полос меняется, если смотреть на пленку под разными углами.

"ЧЕМ ОТЛИЧИШЬ ТЫ ТОГДА НАИМЕНЬШУЮ ВЕЩЬ ОТ ВСЕЛЕННОЙ?.."

Отражение и преломление

1. За счет отражения света на границе "вода – воздух".
2. Лучи света слабо преломляются при переходе из воды в глаз и не дают резкого изображения на сетчатке.
3. Через центральную, так как в этой части угол падения лучей меньше и часть отражаемого линзой света также меньше.
4. Со скоростью 4 м/с.
5. Из-за рассеяния света капельками воды в тумане.
6. См. рис. 35.
7. Выпуклые зеркала дают широкую область обзора.
8. Солнечный свет, рассеянный атмосферой, значительно ярче света звезд.
9. Три (см. рис. 36).

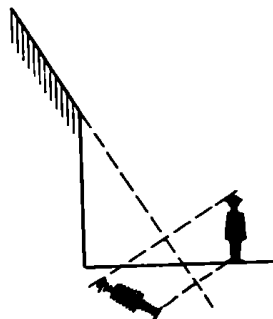


Рис. 35

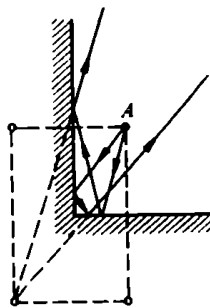


Рис. 36

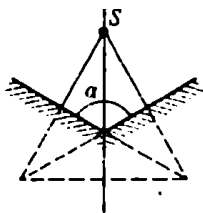


Рис. 37

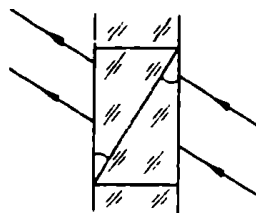


Рис. 38

10. Вода в стакане выполняет роль цилиндрической собирающей линзы.

11. Щурясь, люди как бы уменьшают "диафрагму" зрачка, и изображение становится более резким.

12. На угол 2α .

13. См. рис. 37: $\alpha = 120^\circ$.

14. Изображение возникает на поверхности роговицы глаза – как в выпуклом зеркале.

15. Каждый участок линзы, независимо от других, создает полное изображение предмета. поэтому никаких полос на изображении не получится. Оно будет просто менее ярким.

Микроопыт. С помощью очков для дальнозорких можно, например, сфокусировать поток солнечного света, а с очками для близоруких – нельзя.

Спектры

1. Оконное стекло можно представить как плоскопараллельную пластинку, состоящую из двух одинаковых призм (рис. 38), одна из которых разлагает, а другая – восстанавливает белый свет.

2. Сначала появляется красная часть спектра, а за ней, по мере нагревания, – все остальные.

3. От синего, так как оно сильнее, чем красное, поглощает длинноволновое излучение и, следовательно, быстрее нагреется.

4. Желтую или черную.

5. Чем больше поглощательная способность тела, тем больше его излучательная способность.

6. Поглощаются практически все лучи видимого света.

7. Спектр сжат в красной части и растянут в фиолетовой.

8. Синие: их излучение в большей степени рассеивается воздухом.

9. Днем рассеянный небом голубой свет добавляется к желтоватому свету самой Луны, и это смешение воспринимается глазом как белый свет.

10. Нет, для этого нужны излучения с более короткой длиной волны.

11. На декорации, покрытые люминофором, направляют ультрафиолетовые лучи.

12. Нельзя. Изменение знака зарядов не приведет к изменению частот излучения, соответствующих спектральным линиям.

Микроопыт. Свет в молоке рассеивается на очень мелких частичках

жира. Синяя компонента рассеивается сильнее красной, поэтому жидкость со стороны источника света или сбоку кажется синей. Если же смотреть на просвет, она становится желтой или красной.

Квант

1. В электростатическую энергию системы "тело – электроны" и в кинетическую энергию электронов.

2. Металлическая пластинка зарядится отрицательно, полупроводниковая останется нейтральной.

3. На фотопленке – она чувствительна и к длинноволновым излучениям.

4. Можно – в ультрафиолетовых или инфракрасных лучах.

5. Отличаются – давление на белую поверхность в 2 раза больше, чем на черную.

6. Да. Например, луч достаточно мощного лазера удерживает во взвешенном состоянии и притягивает мелкие прозрачные стеклянные шарики.

7. От заходящего Солнца.

8. Если скорости электрона и позитрона равны по величине и противоположны по направлению.

9. Да, но только в присутствии какой-либо частицы, которая "примет на себя" его импульс.

10. Нет, так как в этом случае не могут одновременно выполняться законы сохранения импульса и энергии.

11. Частоту либо длину волны излучения.

12. Фотон.

Микроопыт. Можно, если осветить пластину и поднести к ней стеклянную палочку, натертую бумагой.

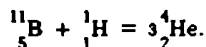
Атом и атомное ядро

1. Три.

2. Нет.

3. При испускании фотона возбужденным атомом потенциальная энергия атома уменьшается.

4. Альфа-частицы:



5. Химические свойства вещества предопределяет заряд ядра, а при гамма-излучении, например, заряд ядра не изменяется.

6. Когда время наблюдения мало по сравнению с периодом полураспада препарата

7. Три периода полураспада.

8. Энергия ядра может принимать только дискретные значения.

9. Энергии частицы недостаточно, чтобы преодолеть силу отталкивания ядра тяжелого элемента.

10. При бета-распадах кроме электронов вылетают еще и нейтрино, уносящие часть энергии, причем энергия эта может изменяться в очень широких пределах.

11. Уже у первых трансураниевых элементов действие кулоновских сил отталкивания протонов приводит к неустойчивости ядер.

12. При столкновении нейтрона с атомом последнему передается тем больше энергии, чем меньше его масса.

13. Процессы теплообмена, как правило, не затрагивают атомных ядер и не изменяют их энергии.

Микроопыт. В металлах валентные электроны легко переходят в возбужденное состояние, поглощая тепловую энергию, и так же легко возвращаются в нормальное, отдавая энергию в виде света. В стекле все электроны прочно связаны с ядрами атомов и с большим трудом меняют свое энергетическое состояние. Чтобы получить заметное свечение стекла, нужна значительно более высокая температура.

Законы сохранения

1. Нет, не может.

2. Может, если равнодействующая, отличная от нуля, составляет угол 90° с направлением перемещения тела.

3. В том случае, когда начальная и конечная точки находятся на одной эквипотенциальной поверхности.

4. Работа силы атмосферного давления пошла не только на увеличение потенциальной энергии воды, но и на выделение тепла – вода в левой трубке приобрела более высокую температуру, чем в правой.

5. Нет – надо учитывать совершенную газом работу.

6. Один из способов – отбросить какой-либо предмет в сторону, строго противоположную кораблю.

7. Нет, векторная сумма импульсов любой пары симметричных элементов маховика равна нулю (рис. 39). Следовательно, и суммарный импульс всего маховика тоже равен нулю.

8. Не зависит, поскольку импульс вращающегося цилиндра равен нулю (см. задачу 7).

9. Система "атом газа – фотон" замкнутая, а фотон обладает импульсом.

10. Положительный, поскольку рентгеновские лучи "выбивают" из пластины электроны.

11. "Не разрешает" закон сохранения заряда.

Микроопыт. По закону сохранения импульса.

Астрономия

1. На $15'$.

2. На высоте 45° .

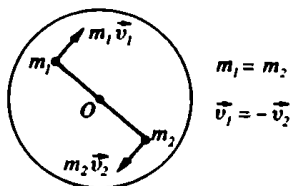


Рис. 39

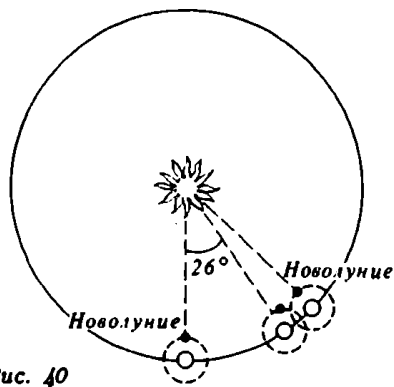


Рис. 40

3. Если наблюдатель находится на одном из географических полюсов Земли или светило находится в одном из Полюсов мира.

4. Видимый путь Луны на небе почти совпадает с траекторией Солнца, только Луна совершает свой оборот не за год, а за месяц. Поэтому при наблюдении с полюса Земли Луна будет на две недели появляться над горизонтом и на две недели скрываться за ним.

5. Да – в экваториальных странах.

6. Для наблюдателя на Луне Земля не восходит и не заходит.

7. Можно, например изучая поведение маятника.

8. На экваторе – в виде полосы, пересекающей небо через зенит; на полюсах кольцо не видно вовсе.

9. На стороне Луны, обращенной к Солнцу, будет видно полное солнечное затмение; на другой стороне – яркие звезды на черном небе.

10. Расстояние от Земли до Солнца летом больше, чем зимой, поэтому угловой размер Солнца летом чуть меньше, чем зимой. Расстояние же от Луны до Земли в среднем не зависит от сезона. Вот почему Луна чаще полностью закрывает солнечный диск именно летом.

11. Расстояния между Солнцем и Землей и Солнцем и Луной практически равны. Поэтому, если бы Луна и стена имели одинаковые коэффициенты отражения, яркость их казалась бы одинаковой. Следовательно, можно считать, что Луна состоит из темных пород.

12. Нет. С Луны видна окружающая Солнце атмосфера, наблюдаемая с Земли лишь в моменты полного солнечного затмения.

13. Световые лучи в земной атмосфере искривляются (атмосферная рефракция), поэтому в отсутствие атмосферы видимое положение каждой звезды несколько сместилось бы. Например, звезды, видимые вблизи линии горизонта, стали бы невидимыми.

14. Как можно увидеть на рисунке 40, за 27 дней Луна сделала один полный оборот, но за это же время система "Земля – Луна" переместилась на 26° по орбите вокруг Солнца. Для того чтобы попасть в положение, соответствующее полнолунию, Луне необходимо пройти это дополнительное угловое расстояние. На это и требуется еще два дня.

Микропыт. Нужно спроецировать диски, удобнее солнечные, в обоих случаях на лист бумаги с помощью длиннофокусной (почему?) линзы, при этом линза и лист должны быть перпендикулярны лучам. Измеряя размеры изображения, можно убедиться, что они равны.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Авогадро Амедео (1776–1856) – 57
Амонтон Гильом (1663–1705) – 63
Ампер Андре Мари (1775–1836) – 91, 93
Анаксимен (6 в. до н. э.) – 138
Араго Доминик Франсуа (1786–1853) – 91
Аристотель (384–322 до н. э.) – 8, 23, 41, 49, 143
Архимед (ок. 287–212 до н. э.) – 23, 25, 32, 45, 46, 49

Био Жан Батист (1774–1862) – 69
Блох Феликс (1905–1983) – 25
Блэк Джозеф (1728–1799) – 61, 68, 72, 74
Бойль Роберт (1627–1691) – 66
Больцман Людвиг (1844–1906) – 55, 56, 58
Бор Нильс Хенрик (1885–1962) – 136
Бройль Луи де (1892–1987) – 136
Брюстер Дэвид (1781–1868) – 3
Бунзен Роберт Вильгельм (1811–1899) – 131

Ван ден Брук Антониус (1870–1926) – 139
Ван-дер-Ваальс Йоханнес (1837–1923) – 60
Вильсон Чарлз Томсон (1869–1959) – 53, 95
Винер Норберт (1894–1964) – 116
Вольта Алессандро (1745–1827) – 66, 83, 113

Гавз Артур Эрих (1884–1941) – 132
Галилей Галилео (1564–1642) – 8, 9, 12, 14, 19, 22, 57, 105, 106, 123, 130
Галлей Эдмунд (1656–1742) – 29
Гальвани Луиджи (1737–1798) – 83
Гамов Джордж (1904–1968) – 25
Гассенди Пьер (1592–1655) – 54
Гаусс Карл Фридрих (1777–1855) – 82
Гейгер Ханс (1882–1945) – 53
Гей-Люссак (1778–1850) – 66
Гельмгольц Герман Людвиг (1821–1894) – 69, 90, 97, 114
Генри Джозеф (1797–1878) – 113
Гераклит Эфесский (кон. 6 – нач. 5 вв до н. э.) – 138
Герике Отто (1602–1686) – 20, 22
Герц Генрих Рудольф (1857–1894) – 19, 114, 116, 120, 121
Гершель Уильям (1738–1822) – 145
Гильберт Уильям (1544–1603) – 91
Гюйгенс Христиан (1629–1695) – 104, 106, 118

Декарт Рене (Картезий) (1596–1650) – 8, 19, 34, 36, 123, 130
Джоуль Джеймс Прескотт (1818–1889) – 69, 88, 90, 142

Доплер Кристиан (1803–1853) – 133
Дюфе Шарль Франсуа (1698–1739) – 81

Зеебек Томас Иоганн (1770–1831) – 83
Зоммерфельд Арнольд (1868–1951) – 45

Кавендиш Генри (1731–1810) – 85
Капица Петр Леонидович (1894–1984) – 116
Карно Лазар Никола (1753–1823) – 99
Карно Никола Сади (1796–1832) – 37, 69
Кеплер Иоганн (1571–1630) – 19, 28, 32, 45, 143, 145
Кирхгоф Густав Роберт (1824–1887) – 85, 114, 131, 132
Клапейрон Бенуа Поль (1799–1864) – 69
Клаузиус Рудольф Юлиус (1822–1888) – 55, 58
Клейн Оскар Бенджамин (1894–1977) – 45
Комптон Артур Холли (1892–1962) – 135
Коперник Николай (1473–1543) – 22, 28
Кориолис Гюстав Гаспар (1792–1843) – 8
Котельников Семен Кириллович (1723–1806) – 99
Кулон Шарль Огюстен (1736–1806) – 80
Купер Леон (р. 1930) – 123

Лавуазье Антуан Лоран (1743–1794) – 68
Лаплас Пьер Симон (1749–1827) – 68, 124
Левенгук Антони ван (1632–1723) – 130
Ленц Эмилий Христианович (1804–1865) – 88, 90, 91, 112, 113
Леонардо да Винчи (1452–1519) – 45, 124, 130
Ломоносов Михаил Васильевич (1711–1765) – 52, 87
Лоренц Хендрик Антон (1853–1928) – 98
Лукреций (Тит Лукреций Кар) (1 в. до н. э.) – 140

Майер Юлиус Роберт (1814–1878) – 69, 142
Майкельсон Альберт Абрахам (1852–1931) – 119
Максвелл Джеймс Клерк (1831–1879) – 40, 55, 80, 82, 87, 91, 117, 120, 121, 142
Мариотт Эдм (1620–1684) – 66
Маркони Гульельмо (1874–1937) – 116
Милликен Роберт Эндрюс (1868–1953) – 135
Мушенбрук Питер ван (1692–1761) – 115

Ньютон Исаак (1643–1727) – 14, 17, 19, 31, 57, 64, 82, 98, 106, 109, 118, 119, 123, 124, 128, 130, 131, 134

Ом Георг Симон (1787–1854) – 83, 85, 90
Оппенгеймер Роберт (1904–1967) – 25

Паскаль Блез (1623–1662) – 20, 22, 32
Перрен Жан Батист (1870–1942) – 54, 55, 57, 138
Планк Макс Карл (1858–1947) – 134, 136
Платон (428–348 до н. э.) – 129

Плутарх (ок. 45–127) – 46
Понселе Жан Виктор (1788–1867) – 38, 99
Попов Александр Степанович (1859–1906) – 116
Проут Уильям (1785–1850) – 139
Птолемей Клавдий (ок. 90–ок. 160) – 29, 129

Резерфорд Эрнест (1871–1937) – 116, 136, 137, 138, 139
Рихман Георг Вильгельм (1711–1753) – 87
Румфорд Бенджамин (1753–1814) – 68
Рэлей Джон Уильям (1842–1919) – 56, 107

Савар Феликс (1791–1841) – 116
Скобелев Дмитрий Владимирович (1892–1990) – 53
Смолуховский Мариан (1872–1917) – 57
Соссюр Хорак Бенедикт де (1740–1799) – 75
Стевин Симон (1548–1620) – 22
Столетов Александр Григорьевич (1839–1896) – 135

Тальбот Уильям Генри (1800–1877) – 131
Тарталья Никколо (ок. 1499–1557) – 8
Томсон Джозеф Джон (1856–1940) – 94
Томсон Уильям (Кельвин) (1824–1907) – 73, 114
Торричелли Эванджелиста (1608–1647) – 20, 22, 130

Уатт Джеймс (1736–1819) – 38

Фалес (ок. 625 – ок. 547 до н. э.) – 138
Фарадей Майкл (1791–1867) – 80, 82, 86, 91, 110, 112, 113, 119, 120
Фаренгейт Габриель Даниель (1686–1736) – 63
Фейнман Ричард Филлипс (1918–1988) – 43, 64
Ферма Пьер (1601–1665) – 130
Ферми Энрико (1901–1954) – 96, 101, 139
Франклин Бенджамин (1706–1790) – 82, 87
Фраунгофер Йозеф (1787–1826) – 133
Френкель Яков Ильич (1894–1952) – 55, 57
Фуко Жан Бернар (1819–1868) – 112

Цельсий Андерс (1701–1744) – 62, 63

Шарль Жак Александр (1746–1823) – 65, 66
Штерн Отто (1888–1969) – 53

Эйлер Леонард (1707–1783) – 6
Эйнштейн Альберт (1879–1955) – 55, 57, 67, 82, 135, 136
Эренфест Пауль (1880–1933) – 85
Эрстед Ханс Кристиан (1777–1851) – 91, 93

Юнг Томас (1773–1829) – 42, 119, 124

СОДЕРЖАНИЕ

НАЧНЕМ ЗНАКОМСТВО?	3
"ЭТО, ВО-ПЕРВЫХ, ТЕЛА..."	4
"НО НЕ ЗАПОЛНЕНО ВСЕ ВЕЩЕСТВОМ И НЕ ДЕРЖИТСЯ ТЕСНО..."	26
"ТЕЛА ОСНОВНЫЕ МЯТУТСЯ В ВЕЧНОМ ДВИЖЕНЬИ..."	50
"ДАЖЕ СКВОЗЬ СТЕНЫ ДОМОВ ПРОНИКАЮТ НЕБЕСНЫЕ МОЛНИИ..."	78
"И СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ ОНИ НАМ ДОСТАВЛЯЮТ БЛЕСТЯЩИЙ..."	102
"ЧЕМ ОТЛИЧИШЬ ТЫ ТОГДА НАИМЕНЬШУЮ ВЕЩЬ ОТ ВСЕЛЕННОЙ?..."	126
ПРОДЛИМ ЗНАКОМСТВО?	146
ОТВЕТЫ	148
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	188

Научно-популярное издание

Леонович Александр Анатольевич

ФИЗИЧЕСКИЙ КАЛЕЙДОСКОП

Приложение к журналу "Квант", выпуск 2

Редактор В. А. Тихомирова

Литературный редактор Л. В. Кардасевич

Художник Д. А. Крымов

Художественный редактор К. В. Ильющенко

Технический редактор Е. С. Поталенкова

ИБ № 3

103006, Москва, К-6, ул. 1-я Тверская-Ямская
2/1, "Квант", тел. 250-33-54

Формат 84×108 1/32. Бумага офс. № 1.

Гарнитура литературная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10,08. Тираж 30 000 экз.

Заказ 2126. Цена договорная.

Ордена Трудового Красного Знамени

Чеховский полиграфический комбинат

142300, г. Чехов Московской области