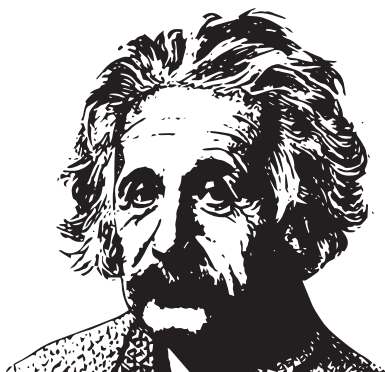


100 ГЕНИАЛЬНЫХ ИДЕЙ

О КОТОРЫХ ДОЛЖЕН ЗНАТЬ
КАЖДЫЙ ОБРАЗОВАННЫЙ
ЧЕЛОВЕК

ФИЗИКА



ОГИЗ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АСТ
МОСКВА

УДК 53(03)
ББК 22.3я2
С71

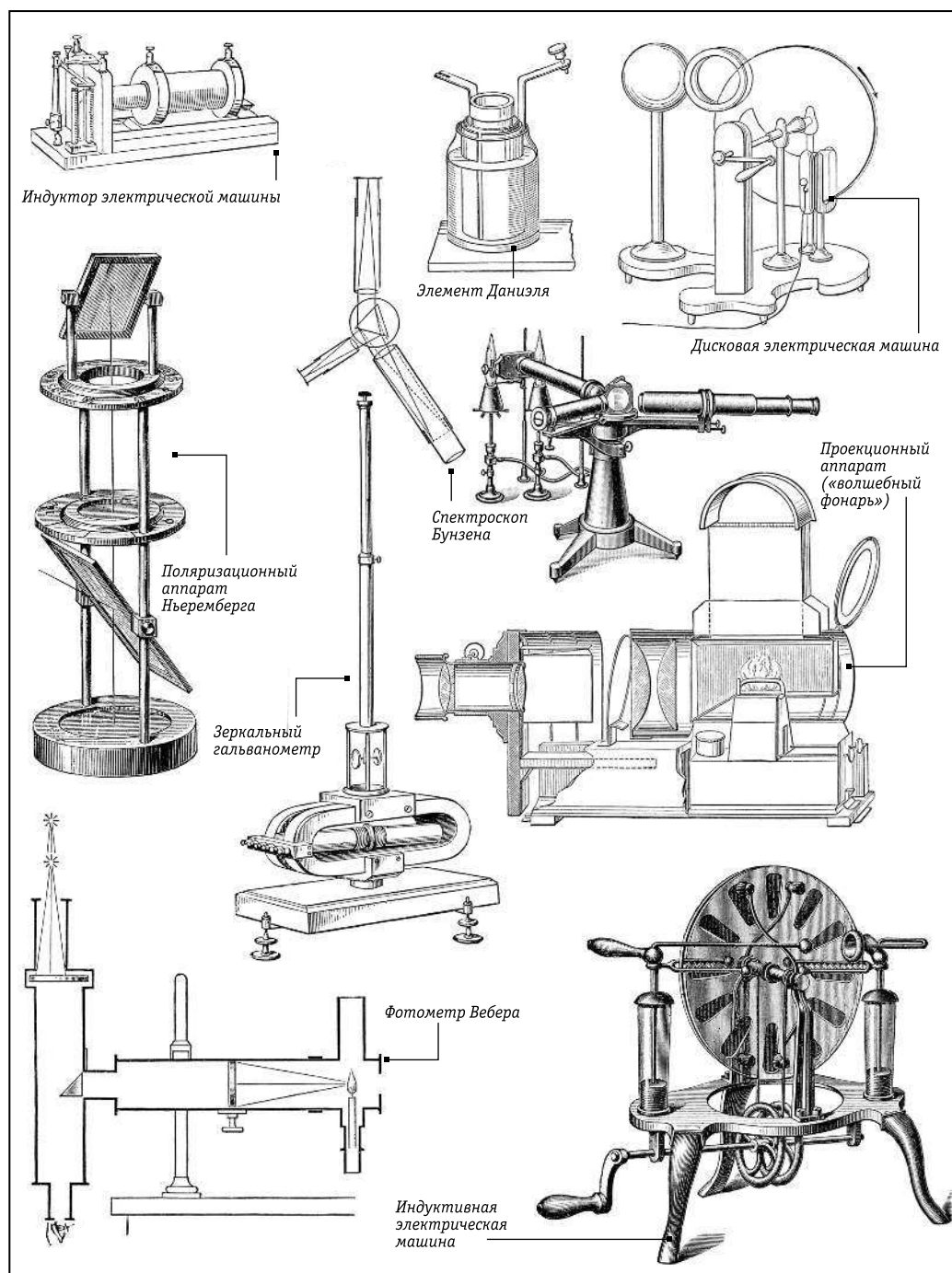
Спектор, Анна Артуровна.
С71 Физика / А. А. Спектор. — Москва : Издательство
АСТ, 2018. — 208 с. : ил. — (100 гениальных идей, о
которых должен знать каждый образованный человек).
ISBN 978-5-17-982526-5.

Все мы сегодня пользуемся результатами идей, которые в то или иное время выдвинули великие физики. Именно благодаря им мы не задумываясь меряем метрами и взвешиваем килограммами, ездим на автомобилях и летаем на самолетах. Но образованному человеку полезно вспомнить, и чем отличается закон Ома от закона Архимеда, и можно ли утолить жажду неньютоновской жидкостью. Ознакомившись с информацией, размещенной на страницах этой книги, вы, возможно, согласитесь, что 100 гениальных идей для такой фундаментальной науки, как физика — это вовсе не много. А дочитав ее до конца, сможете вернуться к началу, чтобы позже обсудить с друзьями судьбоносные озарения великих ученых. Книга порадует каждого современного человека, желающего понимать, как устроен окружающий мир.

УДК 53(03)
ББК 22.3я2

© Оформление, обложка, иллюстрации
ООО «Интеджер», 2017
© В оформлении использованы материалы,
предоставленные Фотобанком Shutterstock, Inc.,
Shutterstock.com, 2017
© В оформлении использованы материалы,
предоставленные Фотобанком Dreamstime, Inc.,
Dreamstime.com, 2017
© ООО «Издательство АСТ», 2018

ISBN 978-5-17-982526-5

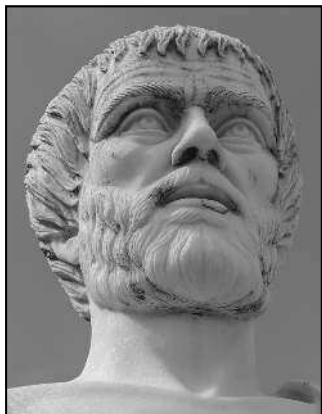


Идеи великих ученых, воплощенные в теории и эксперименте, — это и есть история физики. Иллюстрация из Энциклопедического словаря Мейера, том 7, Лейпциг, Германия, 1910 г.

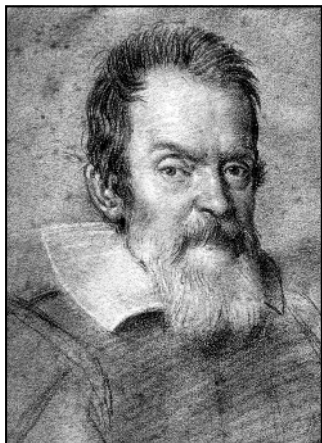
Каждый разумный человек, даже неспециалист, способен глубоко проникнуть в современные физические проблемы. Эта драма вызывает у стремящегося понять их читателя не менее напряженное внимание, чем увлекательный роман.

Альберт Эйнштейн

КОГДА ВОЗНИКЛА НАУКА ФИЗИКА



Аристотель, впервые назвавший физикой изучение природы движения.



Галилео Галилей (1564—1642) стоит у основ современной экспериментальной физики. Во многом благодаря ему наука перешла от умозрительных рассуждений к непосредственному наблюдению природы и опытам над ней. Однако ученый постоянно обращался и к мысленному эксперименту.

Физика исследует материальный мир, изучает фундаментальные, то есть самые общие, свойства и законы движения его объектов. Ее предмет — это пространство и время, вещество и поле, движение и силы, скорость и масса, строение атома и свойства элементарных частиц. По законам физики движутся планеты вокруг Солнца и летают космические корабли, дует ветер и идет дождь, извергаются вулканы и происходят землетрясения, а мы ходим по земле. Физика лежит в основе всего естествознания. Но вопрос, когда возникла эта наука, не так прост.

Само это слово происходит от древнегреческого φύσις — «природа». Аристотель (384—322 до н. э.) дал название «Физика» своему трактату, где исследовал движение и его причины, материю и ее формы. Он же создал логику и утверждал, что всякое знание «должно быть приобретено из опыта». Выводы Аристотеля касательно движения оказались неверными и позже были опровергнуты.

Архимед (287—212 до н. э.) открыл свой знаменитый закон и многого достиг в области механики. Выдающийся инженер Герон Александрийский (вторая половина I в. н. э.) сделал несколько выдающихся изобретений и открытий. Однако долгие века физика, как и другие области естествознания, оставалась частью натурфилософии, в которой знания о природных явлениях сочетались с различными умозрительными рассуждениями и ошибочными выводами. Так, учение Аристотеля о движении было принято за аксиому и не оспаривалось долгие века. Поэтому считается, что физика как наука появилась чуть более четырех веков назад, в начале XVII в., когда начала воплощаться величайшая идея научного метода и создаваться новая научная картина мира. Этот период называется научной революцией. И основоположником ее признан Галилео Галилей.

СОЛНЦЕ В ЦЕНТРЕ МИРА

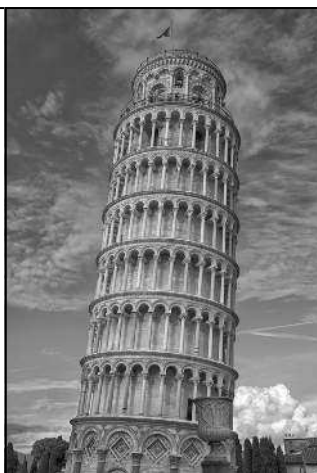
Первой ласточкой научной революции была книга Николая Коперника «Об обращении небесных сфер», опубликованная в 1543 г. и утверждавшая гелиоцентрическую систему мира. Поэтому многие относят начало научной революции к этому году, хотя современная физика все же появилась позже — уже при Галилее.



Николай Коперник (1473—1543) создал гелиоцентрическую систему мира, которую позднее защищал Галилей.

ГАЛИЛЕЙ И ПИЗАНСКАЯ БАШНЯ

Аристотель утверждал, что скорость падения зависит от веса тела. Галилей же, проведя ряд экспериментов, сделал вывод, что это не так. Он доказал, что скорость падающего тела нарастает пропорционально времени, а путь — пропорционально квадрату времени. Ученик Галилея Винченцо Вивiani написал биографию своего учителя, где рассказал, что Галилей для проверки своей теории сбросил с Пизанской башни два шара разной массы. Он обнаружил, что шары упали с одинаковым ускорением. Правда, сегодня многие ученые считают, что эксперимент Галилея был мысленным.

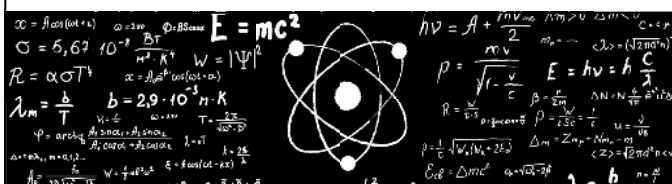


Независимо от того, был ли эксперимент Галилея по бросанию предметов с Пизанской башни реальным или мысленным, утверждение Аристотеля он опроверг.

Это он заявил, что математика необходима для изучения природы, и предложил два принципа механики: принцип относительности и принцип постоянства ускорения силы тяжести. Галилей, опровергнув утверждение Аристотеля о перводвигателе, необходимым для всякого движения, доказал, что при отсутствии внешних сил тело будет либо покоиться, либо равномерно двигаться. Этот закон позднее был сформулирован как первый закон Ньютона. На работах Галилея, а также Кеплера основана механика Ньютона. Именно отсюда началась классическая физика, которая ныне не опровергнута, а только расширена.

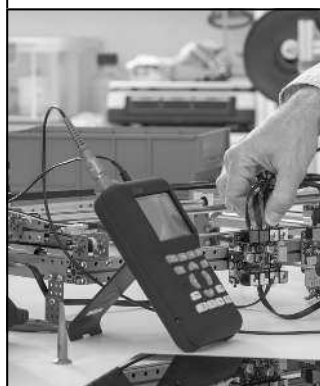
ЯЗЫК, НА КОТОРОМ НАПИСАНА КНИГА ВСЕЛЕННОЙ

Галилей утверждал, что книга Вселенной открыта для нас, но понять ее можно, только постигнув ее язык и научившись толковать символы, которые она использует. Написана эта книга на языке математики, а символами ее являются геометрические фигуры, без которых человек «был бы обречен блуждать в потемках по лабиринту». Эта великая идея лежит в основе современного естествознания, и особенно физики, которая проникнута математикой больше, чем какая-либо другая наука.



ВОПРОС, ЗАДАННЫЙ ПРИРОДЕ

Научный метод — совокупность способов получения новых знаний и решения задач. Его путь идет от фактов и гипотез к теории. Факты получают с помощью наблюдений и опытов, гипотезы тоже подвергаются экспериментальной проверке. Галилей утверждал, что опыт — это не простое наблюдение, а осмысленный вопрос, который задается природе. Причем эксперимент может быть и мысленным, если его результаты несомненны. Однако опыт сам по себе не ведет к обретению достоверного знания. Ответ, который мы получили от природы, следует подвергнуть анализу, и в результате исходная модель может быть пересмотрена. Таким образом, познание включает и синтез, и анализ. Этот метод стал основой современной физики, как и всей науки.



Экспериментальная физика неразрывно связана с физической теорией и достижениями техники.

ИЗМЕРЕНИЕ И ЭТАЛОНЫ, ИЛИ НЕ НАДО МЕРИТЬ НА СВОЙ АРШИН

Галилео Галилей говорил: «Тот, кто хочет решать вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является». Дмитрий Иванович Менделеев также писал, что «наука начинается там, где начинают измерять. Точная наука немислима без меры». Поэтому роль измерения чрезвычайно велика и в физике, и в технике, и, конечно, в обыденной жизни.

100 РАЗНЫХ ФУНТОВ

Фунт — единица измерения массы, которая была принята во многих странах Европы. В Средние века каждый феодал мог устанавливать свою систему мер у себя на землях, и даже в XVIII в. в Европе имелось более 100 различных фунтов. Различия сохранялись и позже. Например, английский фунт равен 0,45359237 кг, французский — 0,489505 кг, русский — 0,40951241 кг. Метрическая система мер и Международная система единиц смогли внести в измерения упорядоченность. Сегодня существует также метрический фунт, который равен 0,5 кг.

Парижская обсерватория. Меридиан, проходящий через нее, наряду с меридианом Ферро использовался как нулевой до 1884 г. Сегодня же Западное и Восточное полушария разделяет Гринвичский меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию в Лондоне.

Существовало и существует множество единиц измерения физических величин. Они были различными в разных государствах и даже в одной стране, а преобразования между ними — сложными. Нedarом возникла пословица: «Всяк на свой аршин меряет».

Постепенно созрела идея упорядочивания единиц измерения. Во время Великой французской революции во Франции начали разрабатывать новую систему мер — метрическую, основанную на десятичной системе исчисления. Для этого были введены новые меры длины, массы и объема — соответственно метр, грамм (потом килограмм), литр. Метрическая система совершеннее традиционных, потому что использует упорядоченный набор единиц измерения. Чтобы преобразовать, например, метры в сантиметры, достаточно умножить число на 100, то есть переставить запятую в десятичной дроби. Перевести же ярды в футы или дюймы гораздо сложнее.

Национальным собранием Франции в 1795 г. метр был определен как одна десятиллионная одной четверти длины земного меридиана от Северного полюса до экватора. При этом измерялась длина Парижского меридиана, проходившего через Парижскую обсерваторию. Был также определен грамм как масса кубического сантиметра воды при температуре плавления льда. Таким образом, килограмм — это масса кубического дециметра воды. В 1799 г. эталоны метра и килограмма были изготовлены из платины и переданы в парижский архив, потому что названы архивными метром и килограммом.



У ИВАНА НА ОПОКАХ

Эталоны мер существовали задолго до появления метрической системы. Так, в Великом Новгороде начиная с 1136 г. в церкви Ивана на Опоках хранились такие контрольные эталоны, как гривенка рублевая для взвешивания драгоценных металлов, локоть иванский для измерения длины сукна, медовый пуд для измерения массы. Медовым пуд назывался потому, что эта церковь принадлежала купеческой общине (гильдии), торговавшей воском и медом. Все купцы Новгорода должны были ежегодно сверять с эталонами свои гири и мерила.



Эталоны мер и весов в Новгородской республике контролировал архиепископ. Его избирало вече.

Метрическая система была окончательно утверждена во Франции в 1837 г., а в 1875 г. 17 стран, в том числе и Россия, подписали Метрическую конвенцию, целью которой стала координация метрологических эталонов для мирового научного сообщества. Для этого были созданы Международное бюро мер и весов и Генеральная конференция по мерам и весам, которая созывается раз в четыре года.

К тому времени оказалось, что металлические эталоны метра можно сравнивать друг с другом с меньшей погрешностью, чем сопоставляя каждый из них с меридианом. Металлические эталоны килограмма также сравниваются между собой с большей точностью, чем с кубическим дециметром воды. К 1889 г. были изготовлены новые эталоны из платиново-иридиевого сплава, которые с тех пор хранятся в Международном бюро мер и весов в Севре. Но Международная система единиц (СИ) продолжала и продолжает подвергаться ревизии. Сегодня она основывается на следующем принципе: основные единицы должны основываться не на артефактах, созданных человеком, а на свойствах атомов или фундаментальных физических постоянных. Поэтому находящийся в Севре эталон метра имеет сегодня лишь историческое значение. Еще с 1961 г. метр определяется как длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ с. Эталон килограмма действует до сих пор, но его хотят привязать к одной из физических констант — постоянной Планка.

ТОЧНОСТЬ, БЕЗ КОТОРОЙ НЕ БЫЛО БЫ ОТКРЫТИЙ

Средства измерения — это и измерительные приборы, и меры, и измерительные преобразователи. Измерительные приборы необходимо калибровать по эталону, чтобы они давали минимальную погрешность. Чем точнее средство измерения, тем больше открытий можно сделать с его помощью. Например, увеличив точность измерения плотности воды, в 1932 г. оказалось возможным открыть дейтерий — тяжелый изотоп водорода.

СИСТЕМА СИ

Сегодня практически во всем мире, кроме США, Либерии и Мьянмы, действует Международная система единиц (СИ — Le Système International d'Unités, SI). Она основана на международной системе физических величин, в которой одни величины являются независимыми, а другие — их функциями. Основных физических величин и соответствующих им единиц семь: длина (единица — метр), масса (килограмм), время (секунда), электрический ток (ампер), термодинамическая температура (кельвин), сила света (кандела), количество вещества (моль). В 2018 г. СИ будет подвергнута ревизии и уточнению.

Единицы физических величин.



Секунда



Метр



Кельвин



Килограмм



Ампер



Кандела



Моль



Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646—1716) ввел понятие «живая сила». Сегодня, после важного уточнения, внесенного Кориолисом в формулу Лейбница, так называют кинетическую энергию.



Томас Юнг (1773—1829), английский ученый, который впервые ввел понятие механической энергии в современном понимании. Гравюра Генри Адларда с картины Томаса Лоуренса.

ЭНЕРГИЯ — ОСНОВА ВСЕЛЕННОЙ

Одно из фундаментальных понятий физики — это энергия, мера движения и взаимодействия всех видов материи. Идея энергии включена во множество физических законов и теорий. А как природное явление энергия является основой существования самой Вселенной. Один из главных законов физики — это закон сохранения энергии, который, в свою очередь, является одним из фундаментальных законов сохранения.

Впервые термин «энергия» использовал Аристотель, он понимал под энергией еще не заверщенное движение. Лейбниц в XVII в. предложил понятие «живая сила». Он определил ее как произведение массы на квадрат скорости. Теперь под ней понимают удвоенную кинетическую энергию. Лейбниц верил, что живая сила сохраняется.

В современном смысле термин «энергия» впервые использовал Томас Юнг в 1807 г. Дело в том, что, как ни странно, долгое время живая сила считалась абстракцией, математическим термином, не важным для практики. И это несмотря на то, что существовало множество механизмов, работавших с ее использованием. Однако распространение паровых двигателей потребовало разработки новых понятий и формул для описания работы этих механизмов. И инженеры, и физики, и математики высказывались в том смысле, что способность совершать определенные действия, то есть работа, связана с живой силой системы. Связь между работой и живой силой раскрыл Гаспар-Гюстав Кориолис в 1829 г. Он предложил считать живой силой величину, равную половине произведения массы на квадрат скорости. Он говорил, что «если ранее наименование «живая сила» давалось произведению массы на квадрат скорости, то это было потому, что не уделялось внимания работе».

НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ЭНЕРГИИ

Ядерная энергия (атомная энергия) — это энергия, содержащаяся в атомных ядрах и выделяемая при ядерных реакциях.

Гравитационная энергия — потенциальная энергия системы тел (частиц), обусловленная их взаимным тяготением.

Электромагнитная энергия — энергия, характеризующая взаимодействие электрических зарядов, магнитных полей и фотонов.

Химическая энергия — вид потенциальной энергии, которая запасена в химических связях.

ОДИН ЗАКОН — РАЗНЫЕ ФОРМУЛИРОВКИ

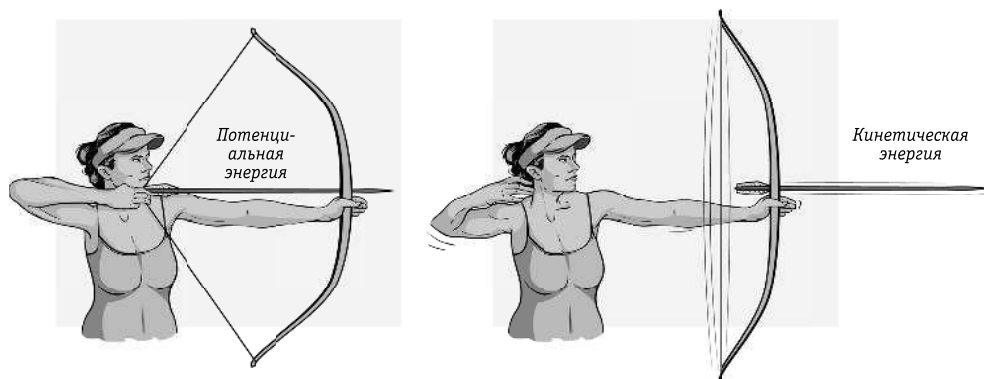
В различных областях физики закон сохранения энергии формулируется по-разному. Например, в термодинамике он звучит так: «Изменение внутренней энергии термодинамической системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил над системой и количества теплоты, переданного системе». При этом оно не зависит от способа, посредством которого осуществляется этот переход. Этот закон называется также первым началом термодинамики. Однако в любой формулировке этот закон отражает главное — однородность времени. Это означает, что физические законы в одних и тех же условиях, но в разное время наблюдения проявляются одинаково.

Сам термин «кинетическая энергия» ввел Уильям Томпсон, будущий лорд Кельвин, именем которого потом называли абсолютную шкалу температур. Произошло это не позднее 1851 г. А понятие потенциальной энергии ввел Уильям Ренкин в 1853 г.

Итак, энергия — это физическая величина, определяющая способность тела (или системы тел) совершить работу. Иными словами, чем большая энергия имеется у тела, тем большую работу оно способно совершить. В механике принято различать два вида энергии — кинетическую и потенциальную. Кинетическая энергия обусловлена движением тел и обозначается формулой $E = mv^2/2$, где m — масса, v — скорость. Потенциальная энергия обусловлена взаимодействием тел, их взаимным расположением и выражается формулой $E = mgh$, где m — масса, g — ускорение силы тяжести, h — высота над поверхностью Земли. Проще говоря, потенциальная энергия — это возможность совершить работу, кинетическая же — энергия, которой обладают тела вследствие совершения работы (своего движения). Чтобы найти энергию тела, нужно определить работу, которая необходима для перевода тела в данное состояние из такого, в котором энергия равна нулю.

ЭНЕРГИЯ ВОЗМОЖНОСТИ

В качестве примера взаимодействия частей одного тела можно привести пружину. Сжата она или же растянута, в ней возникает сила упругости. В результате пружина возвращается в исходное состояние. Но до возвращения она обладает потенциальной энергией, или возможностью совершить движение. Пружина имеется одна, и взаимодействуют между собой ее части, которые перемещаются относительно друг друга.



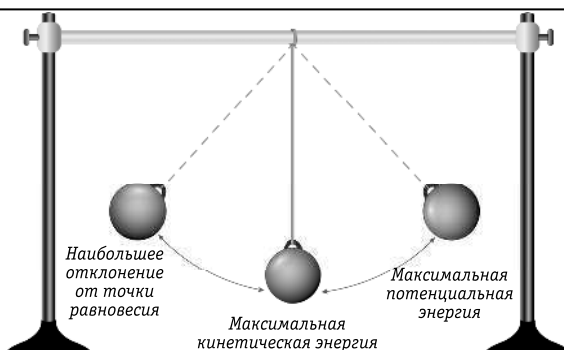
При натягивании лука стрела обладает потенциальной энергией, у летящей стрелы энергия переходит в кинетическую.

КАК ПРЕОБРАЗУЕТСЯ ЭНЕРГИЯ

И в природе, и в технике постоянно осуществляется переход из одного вида энергии в другой. Энергия солнечного света в результате фотосинтеза превращается в химическую энергию органических веществ, запасаемых растением. Та же солнечная энергия, нагревая Землю и всех живущих на ней, переходит во внутреннюю энергию тел, находящихся на поверхности земли. На гидроэлектростанциях механическая энергия водного потока преобразуется в электрическую, а в тепловых электростанциях химическая энергия топлива становится механической энергией вращения вала электрогенератора, а затем электрической энергией. Это говорит о том, что энергия, несмотря на столь различные источники и определения, обладает единым свойством — способностью совершать работу и неразрывно связана с важнейшим свойством нашего мира — движением.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИКЕ

Классический пример справедливости закона сохранения энергии — это действие пружинного или математического маятника, чье затухание пренебрежимо мало. Когда пружинный маятник имеет груз, в крайних его положениях потенциальная энергия деформированной пружины достигает максимума. Затем она переходит в кинетическую энергию груза и достигает максимального значения, когда груз проходит положение равновесия.



Полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, работа которых не зависит от формы траектории, остается постоянной.

КПД

Энергетические характеристики движения вводятся на основе понятий работы и мощности. Работой, совершаемой постоянной силой F , называется физическая величина, равная произведению модулей силы и перемещения, умноженному на косинус угла между векторами силы F и перемещения S . Мощность — это работа силы, совершаемая в единицу времени. Очень важен КПД (коэффициент полезного действия), который равен отношению полезной работы к затраченной либо же полезной мощности к затраченной. В принципе, КПД характеризует, насколько эффективно работает машина или механизм в отношении преобразования либо передачи энергии. Поскольку энергия постоянно уходит на трение, нагревание окружающих тел и другое, КПД всегда меньше единицы. Его выражают в долях затрачиваемой энергии. Так, КПД тепловых электростанций достигает примерно 35—40%, двигателей внутреннего сгорания с наддувом и предварительным охлаждением — 40—50%, динамошин и генераторов большой мощности — 95%.



КПД трансформаторов может достигать 98%.

ЛОШАДИ ПОД КАПОТОМ

Долгие тысячелетия источником механической энергии служила мускульная сила людей и животных, главным образом лошадей. Поэтому изобретатель универсальной паровой машины Джеймс Уатт решил показать, что его устройство способно заменить много лошадей. Он вычислил, на что способна одна лошадь, и ввел единицу мощности — лошадиную силу. В современных единицах измерения одна лошадиная сила требуется, чтобы поднять груз в 75 кг на высоту 1 м за 1 с. Лошадиные силы очень долго использовались в технике, пока их не заменили метрическими единицами — ваттами, названными в честь изобретателя.



Приведем простой пример. Когда мы подбрасываем мяч, мы придаем ему энергию. При полете вверх его кинетическая энергия (энергия движения) расходуется и уменьшается. Потенциальная же энергия увеличивается и достигает максимума в самой верхней точке. Используя эту потенциальную энергию, мяч падает вниз. При этом потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая по мере приближения к земле растет.

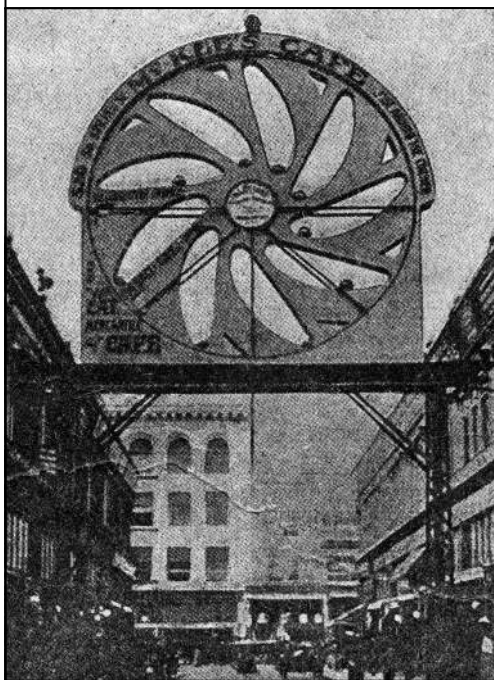
Таким образом, потенциальная и кинетическая энергии переходят одна в другую, но их сумма, которая называется полной механической энергией системы, остается неизменной. Это и есть закон сохранения энергии, принятый в классической механике.



Чем больше скорость тела в данный момент и его масса, тем большей кинетической энергией оно обладает.

ПОЧЕМУ НЕВОЗМОЖЕН ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

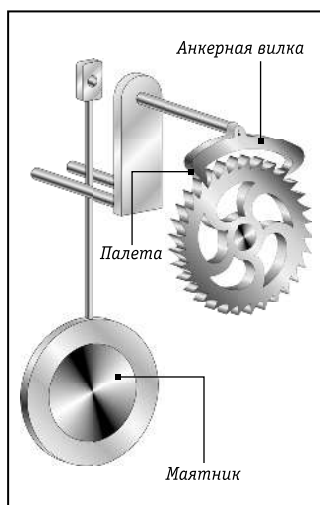
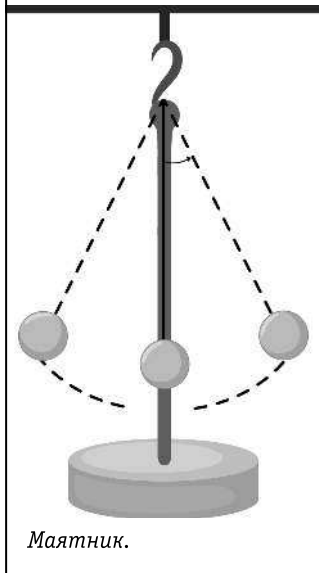
Изобретатели в течение многих веков не раз пытались осуществить идею вечного двигателя. Вечный двигатель первого рода — это машина, которая должна постоянно совершать работу без поступления энергии из дополнительных источников. Но закон сохранения энергии в применении к машинам и механизмам говорит о том, что энергия не может ни возникать, ни исчезать, а может быть только преобразована в другие виды энергии или работу. А поскольку работа превращается в энергию, и наоборот, для машин и механизмов закон сохранения энергии может быть записан следующим образом: Работа на входе = Работа на выходе + Потери на трение. Ведь в реальных (а не идеальных) машинах часть энергии теряется из-за трения и потерь тепла. Поэтому вечный двигатель невозможен.



Вечный двигатель первого рода — это воображаемое устройство, которое вырабатывает полезную работу в большем количестве, чем количество сообщенной этому устройству энергии. Согласно закону сохранения энергии, точнее первому началу термодинамики, подобное невозможно.

МАЯТНИК

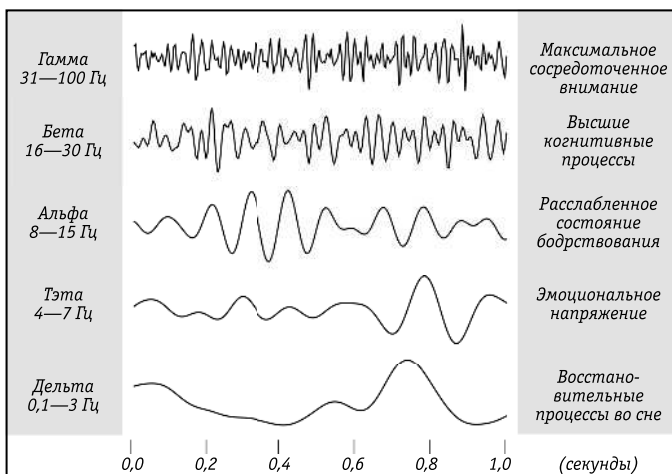
Маятник — это система, которая подвешена в поле тяжести и совершает механические колебания под действием сил тяжести, упругости и трения. Однако силами трения можно во многих случаях пренебречь, а от сил упругости или тяжести абстрагироваться.



Часовой механизм с маятником.

ВЕЗДЕСУЩИЕ КОЛЕБАНИЯ

Теория колебаний создавалась многими учеными. Что неудивительно — эти процессы присущи всем явлениям природы и постоянно используются на практике. Это и движение маятника, и колебания частиц, составляющих жидкости и газы, и колебания электромагнитных волн — все процессы, при которых движения части системы или ее состояния регулярно повторяются во времени. Ученые различают колебания и волны: при колебаниях передается вещество, при волнах — энергия. Максимальное значение, которое принимает колебательная система, называется амплитудой колебаний.



Электрические колебания мозга человека.

Колебания, которые протекают из-за внешнего периодического воздействия, называются вынужденными. Это и колышущаяся под ветром листва, и движение наших рук и ног при физических упражнениях. Свободными, или собственными, колебаниями называются такие, которые происходят под воздействием внутренних сил уже после того, как система выведена из равновесия. В реальных условиях свободные колебания всегда затухающие. Это, например, колебания груза, прикрепленного к пружине или нити.

Колебания, при которых у системы имеется запас потенциальной энергии, расходуемый на их совершение, называются автоколебаниями. Такие автоколебания происходят в механических часах. В кварцевых часах колебательная система основана на кристалле кварца, что дает намного большую точность хода, чем в механических.

Если частота вынуждающей силы оказывается равна или кратна частоте собственных колебаний системы, то амплитуда колебаний

РЕЗОНАНС ДЛЯ РАЗВЛЕЧЕНИЯ

Самая наглядная и известная механическая резонансная система — качели. Раскачивая качели согласно их резонансной частоте, можно увеличить размах движения. В противном случае движения начнут затухать.



резко возрастает — и возникает резонанс. Это явление впервые описал в 1602 г. Галилей при исследовании маятников и музыкальных струн. С помощью резонанса можно выделить и усилить самые слабые периодические колебания, что и обуславливает его широкое применение в различного рода резонаторах. Но, с другой стороны, резонанс способен привести к необратимым разрушениям в самых разных системах. Поэтому его изучение так важно.



Чтобы предотвратить механический резонанс в подвеске вагонной тележки, в ней устанавливают две параллельные пружины с разной жесткостью.

ПОЧЕМУ НЕЛЬЗЯ ХОДИТЬ ПО МОСТУ В НОГУ

В середине XIX в. близ французского города Анжур произошла трагедия. По мосту проходил отряд солдат. Вдруг мост стал раскачиваться и обвалился. Двести двадцать шесть человек



Известно несколько достоверных сообщений о разрушении мостов в результате резонанса.

погибли на месте. Виной всему оказался резонанс. Солдаты шли в ногу, и частота их шага совпала с собственной частотой колебания моста. Они раскачали мост, как дети раскачивают качели. Размах колебаний моста оказался выше допустимых пределов прочности, и мост развалился. С этих пор солдатам всякий раз приказывают «сбить ногу» при входе на мост.

ТАЙНЫ ГИТАРНЫХ СТРУН

Струны музыкальных инструментов — скрипки, гитары, фортепьяно — обладают основной резонансной частотой, которая напрямую зависит от силы натяжения струны, ее длины и массы. Усиливая натяжение струны, уменьшая ее толщину и длину, можно увеличить ее резонансную частоту. Если придать струне колебание кратким воздействием — ударом молоточка или щипком пальцев, то она начнет колебание на всех частотах, которые присутствуют в приданном ей импульсе. Но частоты, которые не совпадают с резонансными, очень быстро затухнут, и услышим мы лишь гармонические колебания, то есть музыкальные ноты.



Струны издают гармонические колебания — такие, которые происходят по закону синуса или косинуса, так называемому гармоническому закону.

СОЛНЦЕ И ПЛАНЕТЫ: ВЕЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Идеям о том, как устроен мир, многие тысячи лет. Уже в Древней Греции существовали геоцентрические системы, которые помещали в центр мира Землю, и гелиоцентрические системы, где в центре мира было Солнце. В Средневековье господствовал геоцентризм, но в 1543 г. Коперник создал гелиоцентрическую систему. Иоганн Кеплер открыл законы движения планет, доказав правоту Коперника, в то же время уточнив и исправив некоторые его положения. Позднее Ньютон доказал правильность этих законов, дополнив их и открыв закон всемирного тяготения.

СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА

Система отсчета — это совокупность системы координат и системы отсчета времени, связанных с телом отсчета, относительно которого совершается движение.

Геоцентрическая и гелиоцентрическая картины мира (точнее, Солнечной системы) отличаются системой отсчета. Геоцентрическая система рассматривается в системе отсчета, связанной с Землей, а гелиоцентрическая — в системе отсчета, связанной с Солнцем. Последняя гораздо проще и удобнее объясняет окружающий мир.

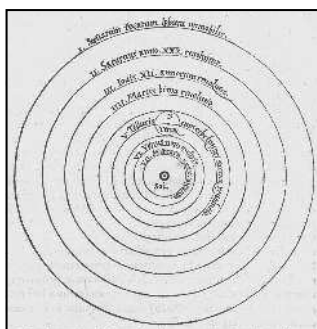
Изображение гелиоцентрической системы в книге Коперника.

Полтора тысячелетия в Европе господствовала геоцентрическая система в варианте Клавдия Птолемея. Чтобы объяснить движение планет, он ввел сложную систему эпициклов. Он считал, что вокруг Земли движется некоторая воображаемая точка, описывая окружность, — деферент. Вокруг этой точки вращается планета, описывая свою окружность — эпицикл. Причем эпициклов приходилось вводить несколько, иначе невозможно было объяснить различные явления природы. Об этой системе король Кастилии Альфонсо X Мудрый, живший в XIII в., заметил, что он предложил бы Богу придумать что-нибудь попроще.

Такой теорией оказалась система Коперника. Коперник поставил в центр мира светило, точнее центр земной орбиты. Планеты,

в том числе и Земля, вращались вокруг него по окружностям. За ними находилась сфера неподвижных звезд. Коперник не отказался от эпициклов, но сумел вычислить периоды обращений планет, расстояния от них до Солнца и объяснил так называемые попятные движения.

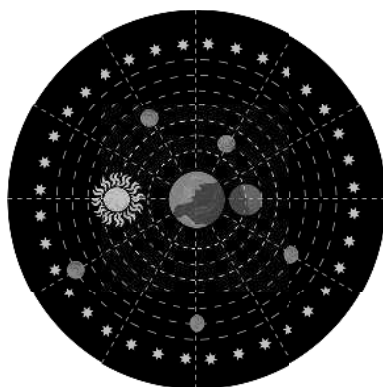
Математический аппарат, который использовал Коперник, оценили сразу: это был прекрасный



СПАСЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ

Спасение явлений — термин, возникший еще в Древней Греции. Это фиксация наблюдаемых данных. То есть теория должна хотя бы частично воспроизводить наблюдаемые данные, быть эмпирически адекватной. Геоцентрическая система Птолемея эту задачу некоторое время выполняла, и с ее помощью можно было предсказывать сложные движения планет.

Геоцентрическая система была для своего времени выдающимся достижением человеческой мысли и применялась на практике.



НЕБЕСНЫЙ ЗАМОК

Тихо Браге прославился своими высокоточными астрономическими наблюдениями. На датском острове Вен он построил обсерваторию, которую назвал Ураниборг, в честь музы астрономии. Двадцать лет ученый работал в Ураниборге, потом переехал в Прагу, где стал придворным астрологом и математиком при дворе императора Священной Римской империи Рудольфа II. Браге пригласил в Прагу Кеплера, так как ему нужен был математик для обработки данных. После смерти датского астронома в 1601 г. Кеплер получил его инструменты и данные наблюдений.



На острове Вен, сейчас принадлежащем Швеции, располагалась обсерватория Ураниборг, которая была разрушена после того, как король изгнал Тихо Браге с острова.

инструмент для расчета движений планет, реформы календаря. А система мироздания вызвала споры и возражения, потому что она явно противоречила церковному учению и принятой системе Птолемея.

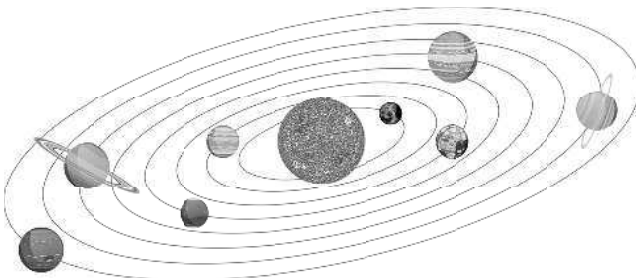
Многие старались найти компромисс между двумя системами. Так, датский астроном Тихо Браге (1546—1601) был сторонником геогелиоцентрической системы мира, согласно которой Земля находится в центре мира, вокруг нее обращаются Солнце и Луна, а известные тогда планеты — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн — вращаются вокруг Солнца. Но именно многолетние астрономические наблюдения Тихо Браге позволили Иоганну Кеплеру вывести три

закона движения планет, которые внесли важнейший вклад в развитие гелиоцентрических идей.

Особенно помогли Кеплеру многолетние наблюдения Тихо Браге за планетой Марс. Он пришел к выводу, что планеты движутся не по круговым орбитам, а по эллиптическим, что вносило уточнение в гелиоцентрическую систему. Кеплер не делал точных расчетов, его выводы были чисто эмпирическими, но оказались верными. Теоретическое обоснование им дал Исаак Ньютон, открывший закон всемирного тяготения и обобщивший законы Кеплера. Они справедливы не только для движения планет, но и для любых тел, в том числе искусственных спутников Земли.

ТРИ ЗАКОНА КЕПЛЕРА

1. Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.
2. Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, при этом радиус-вектор (то есть направленный отрезок, соединяющий Солнце и планету) за равные промежутки времени описывает равные площади. Чем ближе планета к солнцу, тем быстрее она вращается, чем дальше она от светила, тем меньше ее скорость.
3. Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит планет. Этот закон также называют законом гармонии.



И планеты, и Солнце, строго говоря, обращаются вокруг общего центра масс, который находится внутри Солнца.



Памятник Тихо Браге и Иоганну Кеплеру в Праге.

РАЗНАЯ СКОРОСТЬ ЗЕМЛИ

Перигелием называется ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты. Афелием называется самая дальняя от него точка. В перигелии скорость Земли больше, чем в афелии, в 1,00339 раза, примерно на 1 км/с.