

И. Е. Гусев

■ УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ ■  
■ НАУКА ■  
**ФИЗИКА**



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
АСТ

УДК 087.5:53  
ББК 22.3я2  
Г96

*Серия «Увлекательная наука» основана в 2016 году*

**Гусев, Игорь Евгеньевич.**

Г96 Физика / И. Е. Гусев. — Москва : Издательство АСТ, 2016. — 160 с. :  
ил. — (*Увлекательная наука*).

ISBN 978-5-17-098812-9.

Вы совсем недавно начали изучать физику, и вас пугает этот мир сложных формул и непонятных законов? А может, вы, напротив, любите хитрые задачки и интересные эксперименты и с удовольствием проводите время на уроках? В любом случае наша энциклопедия создана специально для вас! Вы увидите, что физика окружает нас повсюду — дома, на улице, глубоко под землей и высоко в небе. Эта книга поможет узнать причины возникновения природных явлений, понять законы, по которым живет Вселенная, и разобраться в устройстве окружающего мира. А самое главное — она написана просто и интересно. В отличие от школьных учебников, здесь нет громоздких формул и сложных научных теорий — только красочные иллюстрации, понятные схемы, аналогии и сравнения.

Для среднего и старшего школьного возраста.

УДК 087.5:53  
ББК 22.3я2

ISBN 978-5-17-098812-9

© Оформление, обложка, иллюстрации  
ООО «Интеджер», 2016.

Дизайн обложки Резько И. В.

© ООО «Издательство АСТ», 2016

© В оформлении использованы материалы,  
предоставленные Фотобанком Shutterstock, Inc.,  
Shutterstock.com, 2016

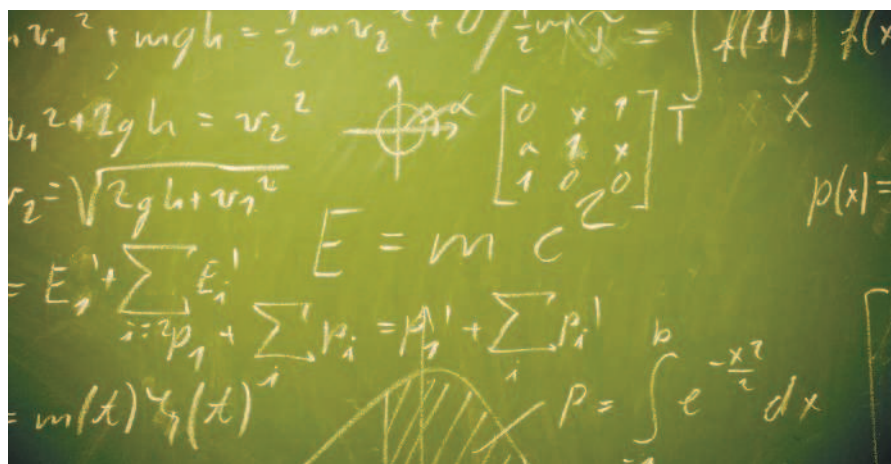
© В оформлении использованы материалы,  
предоставленные Фотобанком Dreamstime, Inc.,  
Dreamstime.com, 2016

# ФИЗИКА — ГЛАВНАЯ ИЗ НАУК

**В**ы любите сказки? Захватывающий мир чудес, населенный волшебниками и фантастическими существами? Полный магических предметов и невероятных событий, совершенно невозможных в мире, где мы живем? Все это придумано людьми, создано их воображением и фантазией.

Но чтобы попасть в сказку, вовсе не обязательно что-то выдумывать. Надо просто внимательнее посмотреть на то, что нас окружает: движется, летает, падает, светится, издает звуки. А затем задать вопрос: как все устроено в нашем мире и почему?

Ответы на эти вопросы дает физика — самая главная из всех наук. На ней основаны многие другие науки, в том числе химия, биология, астрономия, геология. Физика необходима в промышленности, создании прогрессивных технологий (включая новейшие,



например квантовые компьютеры), военных разработках. Поэтому эту науку изучают и школьники, и студенты самых разных специальностей.

Эта книга позволит читателю, еще не встречавшемуся с физикой или плохо с ней знакомому, просто и наглядно разобраться в азах этой науки. Здесь все явления и законы излагаются без сложных формул, с использованием аналогий, сравнений и иллюстраций. Физи-

ка — это понимание характера природных явлений, и данная книга поможет вам разобраться с их особенностями и причинами возникновения. Уверены, что когда вы столкнетесь с этой наукой в будущем, то не раз скажете: «О, да я это уже знаю!»

Совет: вначале обязательно прочтите первую главу. В ней изложены основные понятия и законы, без знания которых последующий материал будет нелегко понять.



# ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ЧАСТИЦЫ И ПОЛЯ

## О главном в физике просто и нескучно

Весь мир — театр.  
В нем женщины, мужчины — все актеры.  
У них свои есть выходы, уходы,  
И каждый не одну играет роль.  
*У. Шекспир*

**Ф**изика — наука об основных и вместе с тем наиболее общих свойствах природы, о материи, ее строении и движении. Законы физики лежат в основе всего естествознания. Она включает в себя такие разделы, как механика, термодинамика, оптика, электродинамика; в прошлом веке возникли новые направления: физика элементарных частиц, физика высоких энергий, квантовая механика и немало других. В данной главе приводятся основные понятия этой науки, разъясняется смысл важнейших законов классической физики и дается начальное представление о квантовой механике, которая описывает поведение атомов и элементарных частиц. Настоятельно рекомендуем прочитать эту главу, поскольку весь последующий материал опирается на изложенные в ней сведения.

Мы не просто так в начале главы поставили такой эпиграф. Дело в том, что в его четырех строках можно увидеть не только сравнение жизни людей с театральной сценой, но и «портрет» физики. Достаточно «мужчин» и «женщин» заменить на «тела» и «частицы». В самом деле, есть «сцена»: это то, в чем заключено все существующее и где разворачиваются все события — происходящие с вами лично, с вашим соседом по парте, плывущим по Волге теплоходом и карликовой планетой Плутон. Эту «сцену» называют пространством.

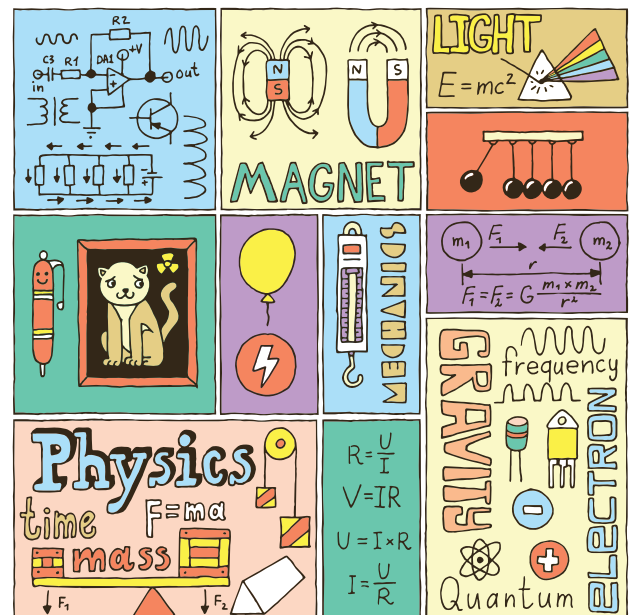
Что касается тел, в физике они могут быть самыми различными. Многие из них мы спо-

собны видеть собственными глазами. Но еще больше тел недоступны для наблюдения. Например, далекие планеты. Или мельчайшие частицы, из которых построены различные объекты. Эти тела не существуют вечно, каждому отмерен свой век: они разрушаются и гибнут со временем.

Физические тела, как и люди, вступают друг с другом в контакт — взаимодействуют. Взаимодействие происходит за счет сил. Самая понятная из них механическая. Например, она возникает при ударе мячом по стене. Подумайте, какие еще механические силы вам знакомы.

И наконец, любой физический объект имеет множество «масок». Так, обычный камень — это и кусок твердого вещества, и минерал, имеющих определенные, только ему присущие свойства (механические, химические), и совокупность частиц, из которых камень состоит.

И как в театре мы не только видим людей, но и воспринимаем невидимое — эмоции и мысли, так и в физическом мире есть скрытые от органов чувств явления — физические поля. Но рассмотрим их позже. А пока рассмотрим «сцену».



## Пространство в классической механике

**Ч**то такое пространство? Первое, что приходит в голову: это нечто такое, что вмещает в себя всё и вся. У древних греков пространство было ограничено с одной стороны Землей, с другой — хрустальной сферой неба. По этой сфере перемещались небесные светила во главе с Солнцем, вращаясь вокруг нашей планеты. Иными словами, Земля считалась центром Вселенной.



Памятник Джордано Бруно в Риме

Однако не все люди верили в такое устройство мироздания. Джордано Бруно «разбил небесную сферу», предположив, что космос — это бесконечное пространство, заполненное небесными телами. В нем нет ни-

какого центра, которым ранее считали Землю. В дальнейшем понятие физического пространства стало более четким и научно обоснованным благодаря усилиям Иоганна Кеплера, Рене Декарта, Галилео Галилея и Исаака Ньютона.

В науке, созданной этими учеными и названной классической механикой, пространство существует само по себе, не зависит от того, что в нем происходит, остается всегда одинаковым и неподвижным. Из-за этих свойств его назвали абсолютным (от латинского слова *absolutus* — «безусловный, неограниченный, безотносительный»).

Пребывающие в таком пространстве материальные тела занимают его часть, то есть имеют некоторую протяженность в этом пространстве (например, спичечный коробок — длину, ширину и высоту). Поскольку очевидно, что тела способны трансформироваться, может меняться и отведенное им пространство (то есть размеры тел). Поэтому его назвали относительным.

Объектами исследований не были реальные предметы, которые могли двигаться самым причудливым образом и тем самым чрезвычайно усложнить исследования. Тогда задачу упростили: вместо настоящих, физических тел ввели понятие материальной точки, или частицы. Это объект очень малых размеров, имеющий массу. Слово «материальная» подчеркивает отличие этой точки от геометрической. Геометрическая точка не обладает никакими физическими свойствами. А материальная может иметь не только массу, но и электрический заряд и



Астронавт в околоземном пространстве

другие физические характеристики.

После этого Вселенную видели так: абсолютное пространство, которое заполнено материей, представленной движущимися маленькими неразрушимыми частицами. Неизменным во все времена считался и весь мир, неведомо когда приведенный кем-то в движение. Исаак Ньютон, например, считал, что Богом.



Исаак Ньютон изучает природу света с помощью стеклянной призмы

# Время

**В**се физические явления и события в такой картине мира сводятся к движению материальных точек в пространстве. Движения происходят не как попало, а раньше или позже других движений, то есть в определенной последовательности, и имеют некоторую длительность. Эту длительность назы-

вают промежутком времени. Само же время представляется как неостановимый и непрерывный поток — река времени, вечно текущая и не зависящая ни от чего: ни от движущихся тел, ни от происходящих процессов. В общем, время, как и пространство, абсолютно. Иначе говоря, оно одинаково во всей Вселенной, как равно время, например, на территории всей Московской области.



В классической физике время во Вселенной повсюду одинаково

# Движение

**Г**лавная задача классической физики — описание движения материальных тел, а также открытие законов, управляющих этим движением. Двигаться означает менять положение в пространстве. Для простоты обычно рассматривают движение маленьких тел типа точек. Точкой считается и большое тело, если его размеры малы по сравнению с проходимым им расстоянием. Так, планеты Солнечной системы можно считать точками при изучении их движения вокруг Солнца, потому что размеры планет гораздо меньше их удаленности от светила.

Движение — это изменение со временем положения в пространстве

Что значит описать движение точки? Это значит иметь информацию о ее положении в пространстве. Причем в любое время. В простейшем случае, когда точка движется по прямой, ее положение в любой момент времени будет равно расстоянию, на которое она удалилась от места начала движения. Если поезд через 5 мин после отправления находился на расстоянии 7 км от станции, это можно записать как  $7(5)$ . Ясно, что длина пройденного пути зависит от времени. Эту зависимость записывают в виде  $x(t)$ , где  $x$  — расстояние, пройденное телом за время  $t$ , и говорят, что  $x$  есть функция  $t$ . Иногда это представляют в виде  $x = f(t)$ .

Перемещение вдоль прямой линии — простейшее из движений

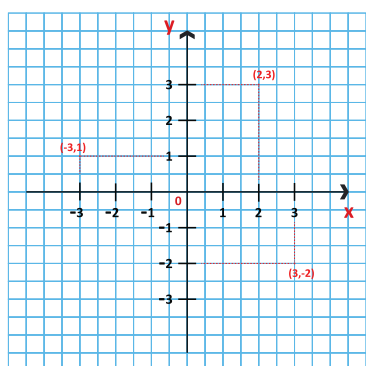
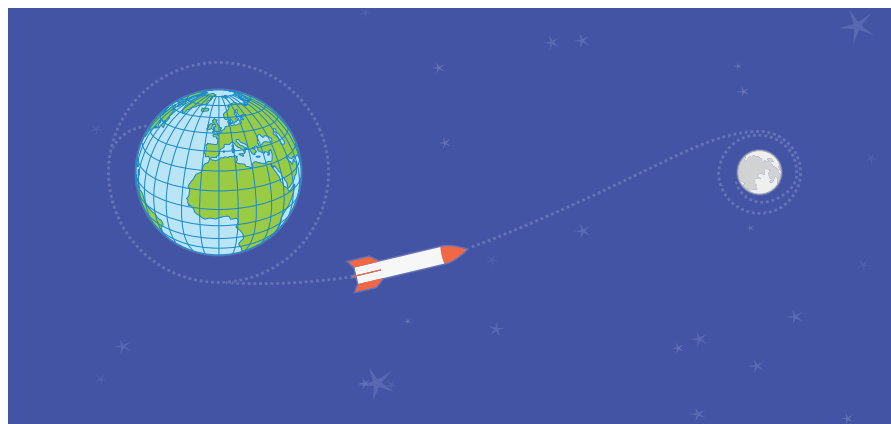


# Координаты

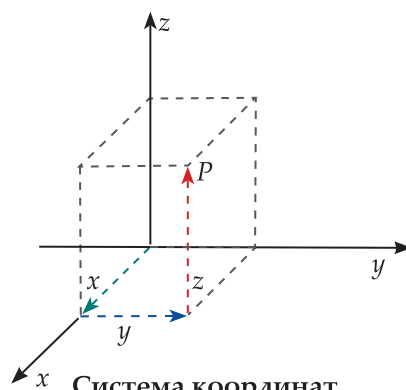
**К**онечно, тело может перемещаться не только вдоль прямой. Муха ползает прямо по балконным перилам, но летает по комнате замысловатым образом. Как описать такое движение? Если та же муха ползает по прямоугольному столу, ее положение можно точно определить, указав, на каких расстояниях  $x$  и  $y$  от двух соседних сторон стола она находится в любой момент времени. Числа  $x$  и  $y$  называют координатами точки (мухи) на плоскости (столу).

При полете мухи в комнате для определения ее положения требуются уже три числа (меняющихся со временем): расстояния до каждой из трех примыкающих друг к другу стен комнаты —  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Эти числа называются координатами точки в пространстве. Три прямые, сходящиеся в любом углу комнаты, образуют систему координат. Точка, где эти прямые сходятся, называется началом данной системы. Систему координат можно мысленно построить и без привязки к комнате. На самом деле в пространстве нет таких систем,

это воображаемая конструкция, тем не менее она подходит для описания движения в самых различных ситуациях. Поскольку начало системы координат можно поместить в любую удобную для нас точку пространства, координаты тела в нем относительно, то есть зависят от выбранной системы координат.



Система координат на плоскости



Система координат в пространстве

Траектория — линия в пространстве, вдоль которой движется тело

Частицы движутся в пространстве по определенным линиям, называемым траекториями. Так, траектория Земли при движении вокруг Солнца — замкнутая кривая линия, именуемая эллипсом.

## Скорость

**Б**ыстроту, с какой тело проходит то или иное расстояние, характеризуют скоростью движения (обозначают чаще всего буквой  $v$ ). Пусть тело, начав движение в некоторой точке А, за время  $t$  прошло расстояние  $x$ . Тогда скорость определяется как результат деления  $x/t$ . Беда в том, что скорость со временем может изменяться, причем иногда сильно. То есть скорость, как и пройденное расстояние, — функция времени:  $v = v(t) = f(t)$ . Тогда, чтобы точнее определить скорость в какой-нибудь точке В пути, надо в формуле  $x/t$  взять малым как  $x$ , так и время  $t$ , за которое тело прошло это расстояние.

Скорость — величина относительная, ее значение зависит от того, по отношению к чему рассматривается движение. Например, сидящая на окне вагона муха неподвижна относительно поезда, но движется относительно земли. Если муха взлетит, то будет двигаться уже относительно как земли, так и поезда. Тело, относительно которого рассматривается то или иное движение, называется телом отсчета. В данном примере таких тела два — земля и поезд.

Все, что движется, имеет скорость



### ВОПРОС 1

Автомобиль и велосипед движутся по прямой, причем расстояние между ними не меняется. Относительно каких тел отсчета каждый из них находится в покое и относительно каких тел они движутся?

## Векторы

**В**еличина скорости тела  $V$  (скажем, 100 км/ч) не все сообщает нам о скорости. Нетрудно заметить разницу между ситуацией, когда автомобиль несется со скоростью 100 км/ч прямо на нас, и случаем, когда он с той же скоростью едет по соседней улице. В чем здесь разница? В направлении движения. Следовательно, при определении скорости тела важно задать не только ее величину, но и направление движения.

Направление имеет значение не только при указании скорости. Физические параметры, которые характеризуются как своей величиной, так и направлением, называются векторами. Обозначающие их буквы обычно выделяют жирным начертанием  $v$ ,  $r$ ,  $F$  и т. д.



### ВОПРОС 2

Какие физические условия необходимо выполнить пилоту, чтобы посадить самолет на крышу автомобиля?

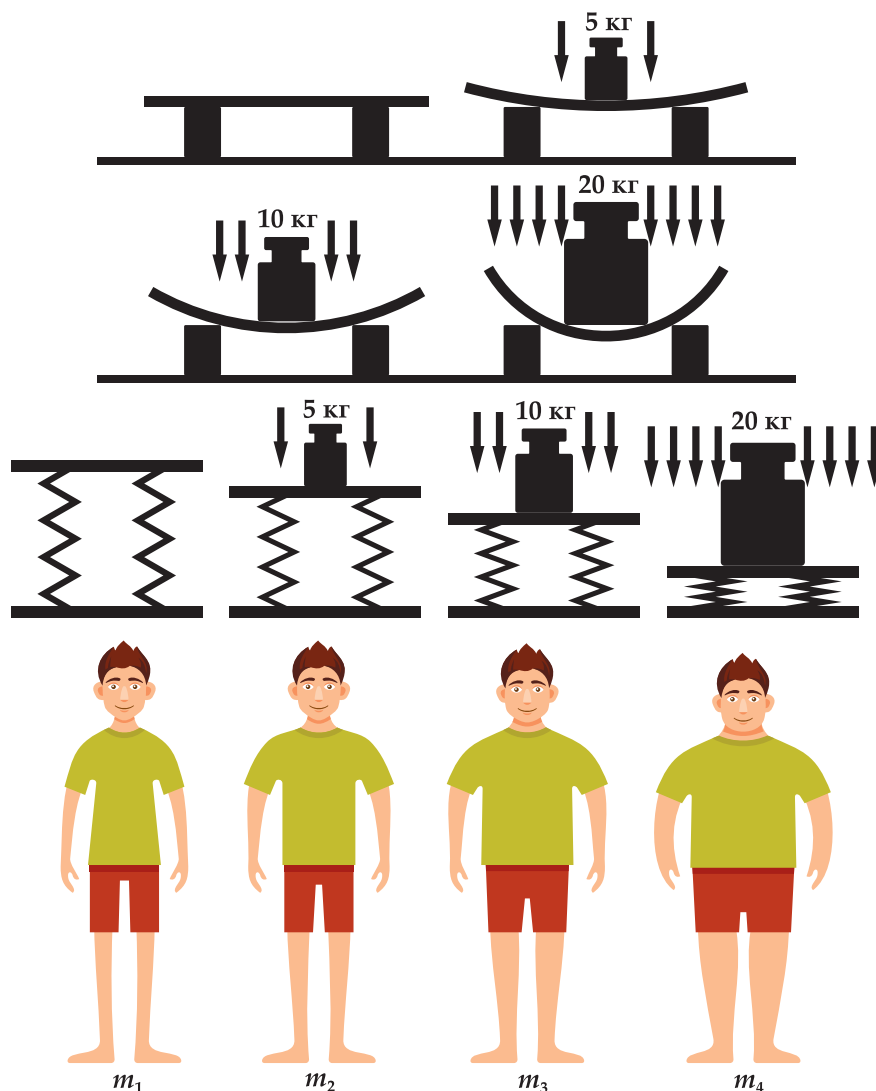
## Материя

**Г**лавные «актеры» на сцене физического мира — материальные тела, например частицы. Они обладают определенными качествами. Одно из них — масса ( $m$ ). Чем больше вещества в теле, тем больше его масса. Стальной и пластиковый шары одинаковых размеров имеют разные массы, потому что в первом больше вещества.

Мы, правда, чаще говорим не о массе, а о весе. На Земле и любой другой планете вес тела пропорционален его массе, а также массе самой планеты.

Скажем, кошка на Луне будет весить в 6 раз меньше, чем у себя дома. При этом масса кошки останется прежней (если не забывать ее кормить). А вот в космосе у тел нет веса, а масса имеется. И она тем больше, чем больше усилий нужно приложить, чтобы сдвинуть покоящееся тело с места. Ясно, что стальной шар нужно толкнуть сильнее, чем пластиковый, чтобы привести его в движение.

Что же такое вес? Вес тела определяется как сила, с которой тело в состоянии покоя действует на опору или подвес по причине гравитационного притяжения к тому небесному телу, на котором производится взвешивание.



Масса тела зависит от количества вещества в нем ( $m_1 < m_2 < m_3 < m_4$ )

# Атомы

**В**ареный яичный желток можно дробить на сколь угодно малые части, доводя его до состояния порошка. Измельчать его, очевидно, можно и дальше. Однако, сколько ни кроши желток, он не исчезнет, только приобретет более тонкую консистенцию. Более того, его ничтожно мелкие кусочки сохраняют свойства вареного желтка. Значит, есть какие-то самые малые строительные частички желтка, ответственные за его качества, и их нельзя раздробить. Эти неделимые составляющие вещества еще в древние времена называли атомами.

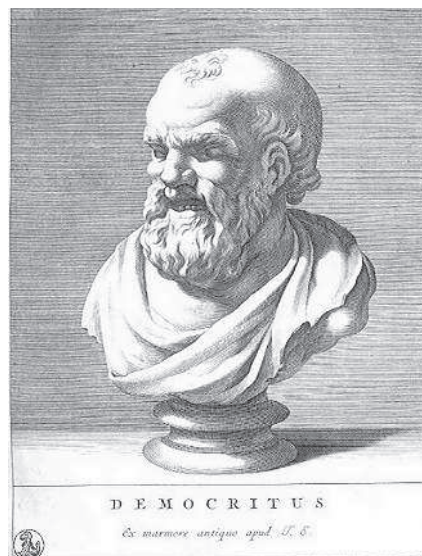
Еще 2500 лет назад люди многое понимали в строении веществ. Грек Демокрит считал: все, что есть в природе, — это пустота и атомы: «Ничего не существует, кроме атомов и пустого пространства; все остальное лишь воображение. Разнообразие сложных вещей обусловлено различием обра-

зующих их атомов по форме, положению и порядку их расположения; атомы отличаются друг от друга лишь своей формой и величиной. Атомы не имеют “внутренних состояний”, они действуют друг на друга лишь путем давления и соударений».

Все вещество, какое имеется на Земле или в других частях Вселенной, сложено из атомов (или молекул — частиц, состоящих из нескольких атомов), как дом из кирпичей. Твердые предметы не рассыпаются в пыль потому, что атомы в них притягиваются друг к другу. Если же такие тела попытаться сжать, атомы начнут отталкиваться друг от друга, не позволяя менять форму и объем этих тел.

И еще очень важное замечание. Никакое познание мира не было бы возможно, если бы атомы изменялись подобно окружающим нас предметам: старели, изнашивались, вели себя по-разному в зависимости от места, где возникли или находятся в данный момент. На

самом деле атомы одного вида всегда одинаковы: в настоящее время и в данном месте они такие же, как и во времена динозавров или в далекой галактике на краю Вселенной.



**Демокрит — древнегреческий философ, живший в V—IV вв. до н. э. Одним из первых выдвинул идею о мельчайших неделимых «кирпичиках» материи — атомах**

# Силы

**Прыжок хищника.**  
Когда леопард прыгает на свою жертву, он на практике использует закон инерции

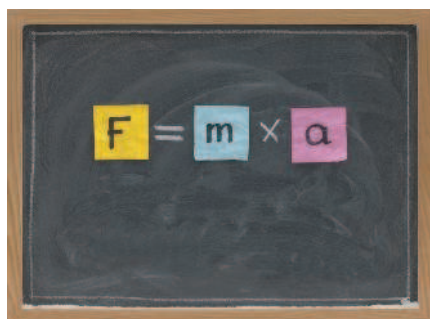


**Б**ильярдный шар катится по столу до того момента, пока не столкнется со стенкой или другим шаром. После столкновения движение шара изменяется. В таком случае говорят, что на него подействовала сила. Если бы шару ничто не мешало (ни другие шары, ни стенки, ни трение о стол), то он бы двигался по прямой с неизменной скоростью и сколь угодно долго. Это утверждение справедливо для всех тел и частиц и называется первым законом Ньютона или законом инерции.

**ВОПРОС 3**

Всадник быстро скачет на лошади. Что будет с всадником, если лошадь споткнется?

Как меняется движение тела, когда на него действует сила, объясняет второй закон Ньютона. Он утверждает, что тело будет изменять свою скорость пропорционально приложенной силе.



Формула, выражающая второй закон Ньютона, где  $F$  — сила,  $m$  — масса,  $a$  — ускорение

Изменение скорости со временем называется ускорением. Ускорение тем больше, чем быстрее изменяется скорость. Если один автомобиль развивает скорость 100 км/ч за 10 с, а другой — за 20 с, то ускорение первого вдвое больше, чем второго. Кроме того, как мы уже отмечали, изменить скорость тела тем труднее, чем больше его масса. Таким образом, второй закон Ньютона говорит нам, что ускорение физического тела пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально его массе.

Не так давно сравнили ускорение, которое способны развивать бегун и современный автомобиль. В состязании уча-

**Механика Ньютона и ее формулы**

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$$\vec{F} = m(\vec{v} - \vec{u})$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$W = mg$$

$$F = N$$

$$\vec{F} = m(\vec{v} - \vec{u})$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F}t \text{ (Ns/kg.m/s)}$$

$$\vec{v}_{av} \text{ (m/s)}$$

$$\vec{F} \text{ (N)}$$

$$F$$

$$mg$$

$$f_{s,max} = \mu_s N$$

$$f_k = \mu_k N$$

$$\frac{F}{M} = g$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = ma_c$$

$$\omega \text{ (Rd/s)}$$

$$\vec{v}_x = \vec{v} \cos \theta$$

$$\vec{v}_y = \vec{v} \sin \theta$$

ствовал английский спринтер Марк Льюис-Френсис. Как оказалось, тело человека обладает куда более хорошей реакцией, нежели автомобиль. Легкоатлет был быстрее машины от момента старта до 5-й секунды. Это доказывает, что спортсмен ускоряется быстрее.

Поскольку скорость есть векторная величина, то и ускорение, и сила также векторы. Иными словами, чтобы точно задать их, необходимо указать как величину, так и направление.

Силы бывают самые разные. Мы постоянно испытываем их воздействие. Стул, на котором человек сидит, давит на него снизу. Между ботинками и тротуаром действует сила трения, позволяющая двигать-

ся. При резком торможении автобуса пассажиры могут упасть вперед — так проявляется сила инерции. Большинство из этих сил действует временно, и от них в той или иной степени можно избавиться.

Но одна из сил всегда с нами, и от нее никуда не деться. Более того, она существует между любыми двумя телами, каковы бы они ни были и какое бы расстояние их ни разделяло: между мышью и кошкой, между мышью и Марсом, между вашим мобильным телефоном и далекой галактикой. Особенно наглядно эта сила проявляется при падении предметов на землю. Она называется силой тяготения или гравитацией.

# Закон тяготения

**З**акон, которому подчиняется гравитация, тоже открыл Ньютон. Этот закон точно описывает силу взаимодействия между материальными телами. Каждое тело притягивает к себе все остальные с некоторой силой. Эта сила по величине пропорциональна массам этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Так, масса Луны в 6 раз меньше массы Земли, и потому любой предмет на нашем спутнике будет притягиваться к нему в 6 раз слабее, чем к Земле, и соответственно, вес тела на Луне во столько же раз меньше, чем на Земле.

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

**Закон всемирного тяготения Ньютона.**  $G$  — некое число, называемое гравитационной постоянной

Вспомним второй закон Ньютона и применим его к двум шарам одинакового диаметра, стальному и резиновому. Пусть один из этих предметов имеет в 3 раза большую массу, чем другой. Сбросим их одновременно с балкона. Какой из шариков первым упадет на землю?

## ВОПРОС 4

Масса лисицы в 3 раза больше массы зайца. Сравните силы тяжести, действующие на этих животных.



Ответ можно получить и без проведения опыта. Стальной шарик втрое массивнее резинового. Значит, и сила его притяжения к Земле в 3 раза больше, чем у второго. Но при этом и ускорение, которое обратно пропорционально массе, будет во столько же раз меньше. Согласно второму закону Ньютона, эти факторы друг друга компенсируют. В результате ускорение обоих шаров будет одинаковым,

и падать они будут с равной скоростью, следовательно, достигнут земли одновременно. Таким образом, все тела на Земле падают одинаково быстро (правда, это без учета сопротивления воздуха, который сильнее тормозит большие предметы, чем маленькие). Этот закон первым открыл Галилео Галилей. Ускорение падающих на Землю тел называют ускорением свободного падения и обозначают буквой  $g$ .

## ЕСЛИ ВЫ ОКАЗАЛИСЬ В ПАДАЮЩЕМ ЛИФТЕ

Лучшее, что можно предпринять для увеличения шансов выжить, — лечь на спину и постараться занять как можно большую площадь пола. В таком случае сила удара будет максимально распределена по поверхности тела.



Гравитация — главный конструктор мира. Она простирается на громадные расстояния и определяет в космосе буквально все: строение галактик, планетных систем, в том числе Солнечной, форму небесных тел, их движение в пространстве. Решающую роль играет гравитация и в жизни нашей планеты. Форма поверхности морей и океанов, течение рек, строение атмосферы, наличие приливов и отливов, размеры и функции живых организмов в значительной степени обусловлены наличием силы тяжести.

Ньютон применил открытые им законы движения и закон тяготения к Солнечной системе. Ему удалось объяснить движение планет. Луна, согласно теории Ньютона, в своем вращении вокруг Земли падает на нее, как простой камень. Правда, никак не упадет. А мешает этому другая сила, которая отбрасывает наш спутник в противоположную сторону. Силу эту окрестили центробежной. Именно она дей-

ствует на крутящихся на карусели детей.

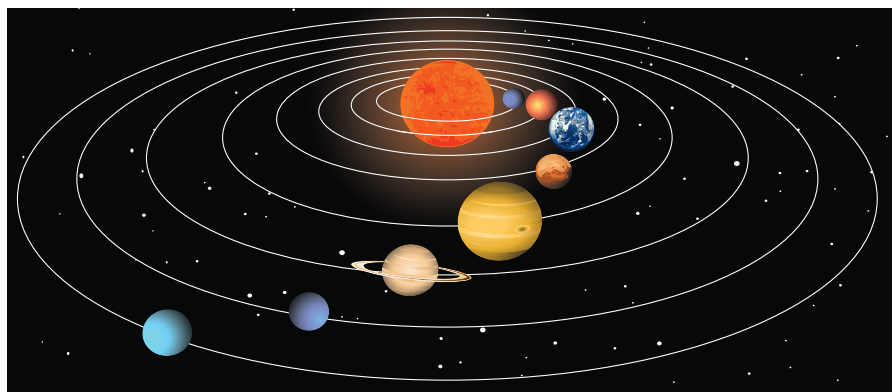
Ньютон также вычислил форму орбит, по которым планеты движутся вокруг Солнца. Еще раньше Иоганн Кеплер предположил, что орбиты являются эллипсами — овальными кривыми. Ньютон сумел доказать, что планеты в самом деле вращаются по эллиптическим орбитам.

С помощью закона тяготения удалось найти объяснение многим до этого непонятным явлениям, например приливам и отливам. Они оказались связаны с притяжением Луной воды, а также центробежной силой вращения самой Земли.



Земля и Луна. Вид из космоса

Планеты движутся вокруг Солнца по замкнутым кривым линиям, которые называются эллипсами



## Гравитационное поле

**В** любом месте вблизи поверхности Земли на тело действует сила тяжести  $F = mg$ , где  $g$  — ускорение свободного падения. Отсюда следует, что  $g = F/m$ . Мы уже знаем, что все тела в любом месте Земли падают с одинаковым ускорением. Значит, независимо от того, какое тело расположено в той или иной точке, величина  $g$  связана с гравитацией нашей планеты, а не со свойствами этого тела.

Эта величина существует в любой точке пространства вокруг Земли (тела падают вниз откуда угодно). При удалении от ее поверхности на большое расстояние сила притяжения ослабевает (вспомним, что она обратно пропорциональна расстоянию между телами), в то время как массы тел остаются неизменными. Поэтому

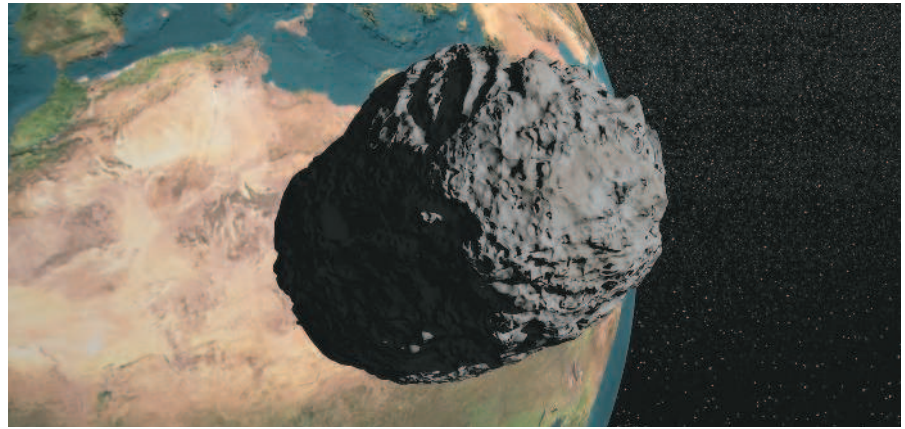
отношение  $F/m = g$  тоже уменьшается. Следовательно,  $g$  может изменяться в пространстве от точки к точке. Физические величины, заданные в каждой точке пространства, получили специальное название — поле. В данном случае гравитационное.

### ЛЮБОПЫТНО

Если поместить в межзвездном пространстве вдали от сильных полей тяготения два больших бильярдных шара на расстоянии 1 м, то, притягиваясь друг к другу, они начнут сближаться с такой скоростью, что столкнутся только через несколько суток.

Это название, видимо, навеяно образом поля пшеничного, на котором очень густо растут колоски. Но даже если колосков нет, земля, то есть поле, все равно существует. Точно так же гравитационное поле может существовать независимо от присутствия веществ, то есть в пустоте. А сила тяжести тела получается простым умножением его массы на величину поля (в данном случае ускорения свободного падения) в этом месте.

Метеорит в окрестностях Земли. Гравитационное поле Земли простирается на большое расстояние от нее. Именно оно притягивает к нашей планете куски внеземного вещества — метеориты, заставляя их падать на поверхность Земли



## Импульс

**П**усть мы наблюдаем движение тела массой  $m$  под действием какой-то силы  $F$ . Второй закон Ньютона  $a = F/m$  перепишем в таком виде:  $F = ma$ . Ускорение  $a = \Delta v/\Delta t$ . Тогда  $F = m \times \Delta v/\Delta t$ . Масса тела не меняется при движении, поэтому эту формулу можно представить в виде  $F = \Delta(mv)/\Delta t$  — сила равна скорости изменения величины  $mv$ . Это очень важная в физике величина: ей присвоили собственное имя — импульс. Вычисляется он просто: как произведение массы тела на его скорость.

И тогда формулировка второго закона Ньютона становится весьма доступной:  $F = \Delta p/\Delta t$  — скорость изменения импульса тела равна приложенной силе. Вспомним, что скорость  $v$  — это вектор, то есть характеризуется как величиной, так и направлением. Значит, импульс  $p = mv$  тоже вектор.

### МАЛ, ДА УДАЛ

Масса пушечной пули мала (5–6 г), но за счет очень высокой скорости полета (при вылете из дула пушечного ствола она составляет 320 м/с) пуля имеет большой импульс и энергию, чем достигается значительная убойная сила.

## Третий закон Ньютона

**Н**ьютон открыл еще один закон механики. Он касается соотношения сил при взаимодействии тел. Допустим, у нас есть два небольших тела и одно из них так или иначе воздействует на другое с некоторой силой  $F_1$ . Третий закон Ньютона говорит, что второе тело будет действовать на первое с той же силой  $F_2$ , но в противоположную сторону:  $F_2 = -F_1$ . Или  $F_1 + F_2 = 0$ .

Поскольку  $F_1 = \Delta p_1/\Delta t$ ,  $F_2 = \Delta p_2/\Delta t$ , то  $\Delta p_1/\Delta t + \Delta p_2/\Delta t = 0$ ,

или

$$\Delta(p_1 + p_2)/\Delta t = 0.$$

Сумму импульсов двух частиц  $p_1 + p_2 = m_1v_1 + m_2v_2$  называют полным импульсом этих частиц. Тогда равенство  $\Delta(p_1 + p_2)/\Delta t = 0$  говорит нам, что полный импульс двух взаимодействующих частиц (которым не мешают другие частицы) не меняется со временем. Если частиц больше (3, 4...), то их полный импульс складывается из импульсов всех частиц и также остается постоянным. Этот факт называется законом сохранения импульса. Он выполняется во всех физических процессах, не только в механике.

# Энергия

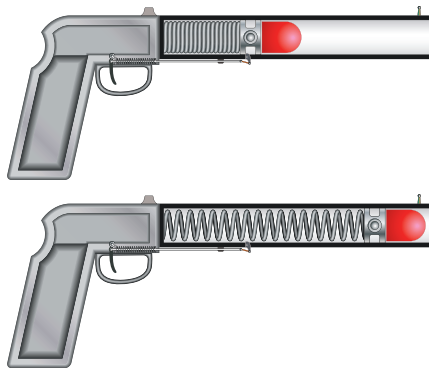
**К**роме импульса в физике есть еще немало величин, сохраняющихся при взаимодействии частиц. Одна из них — энергия. Ее постоянство отражено в законе сохранения энергии.

В отличие от импульса энергию нельзя выразить одной формулой, потому что существуют разные ее виды. В механике главными считаются два вида — потенциальная энергия и кинетическая.

Первая связана с расположением тел по отношению к чему-либо. Если спрыгнуть с первого этажа дома, можно подвернуть ногу; если спрыгнуть со второго этажа, наверняка нога будет сломана. С третьего... Ясно, что чем больше высота, с которой падает тело, тем с большей силой оно врывается в землю. Высота отсчитывается от земли, тело падает в поле тяжести. Энергия, связанная с положением тела в пространстве по отношению к поверхности земли, называется потенциальной энергией тяготения.

Если считать, что на поверхности земли у тела нет потенциальной энергии (она равна нулю), то на высоте  $h$  потенциальная энергия тяготения для тела массой  $m$  ( $g$  — ускорение свободного падения) выражается формулой  $E_{\text{п}} = mgh$ .

Принцип действия этого оружия основан на использовании потенциальной энергии иной разновидности — энергии сжатой пружины. Перед выстрелом пружина сжимается, а при нажатии спускового крючка распрямляется, сообщая пуле кинетическую энергию полета.



Пружинно-поршневой пистолет

Когда падающее тело достигает поверхности земли, его потенциальная энергия равна нулю ( $h = 0$ ). Но зато оно набирает приличную скорость. Если телом является упругий мяч, то, оттолкнувшись от земли, он способен взлететь на прежнюю высоту, то есть вернуть себе ту же потенциальную энергию. Откуда же она вновь берется? Мы уже говорили о законе сохра-

нения энергии. Он утверждает, что в любых процессах сохраняется полная энергия системы частиц (тел), а не каждый ее вид в отдельности. Поскольку в случае падающего мяча потенциальная энергия то пропадает, то вновь появляется, значит, она превращается в какой-то другой вид энергии, а затем вновь становится потенциальной. Эта другая энергия, как легко видеть, связана со скоростью движения тела. Ее назвали кинетической энергией (от греческого слова *kinetikos* — «приводящий в движение»).

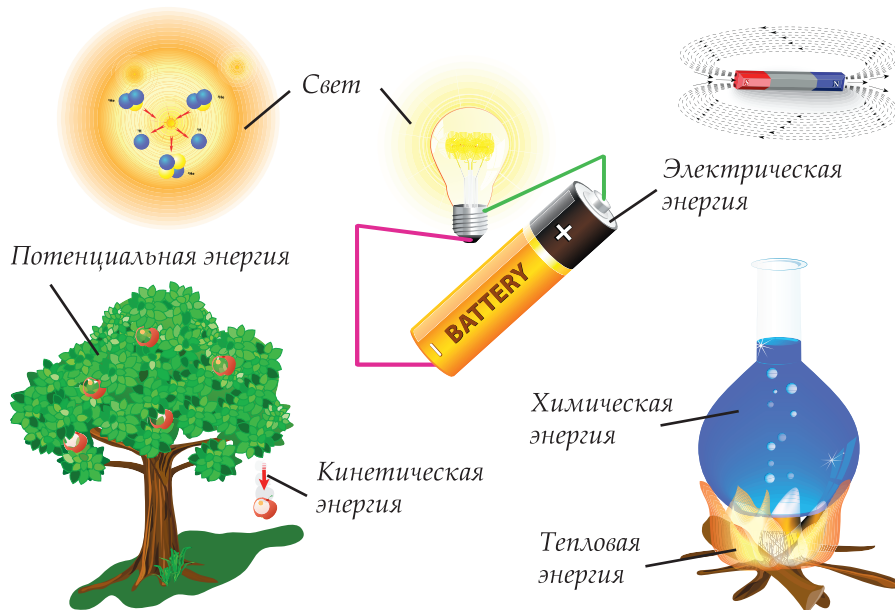
Она выражается простой формулой  $E_{\text{к}} = (mv^2)/2$ , где  $v$  — скорость. А закон сохранения энергии в данном примере выражается формулой

$$E_{\text{п}} + E_{\text{к}} = \text{const},$$

где  $\text{const}$  — постоянная величина.

Ядерная энергия (термоядерные реакции в звездах)

Магнитная энергия



Виды энергии

## Теплота и газы

**З**аконь механики, найденные Ньютоном, могут быть применены к движению не только твердых тел, но также газов и жидкостей. Они тоже состоят из атомов и молекул, более или менее сильно притягивающихся друг к другу. То, что мы называем теплотой, является энергией беспорядочного движения этих частичек. Все знают, что такое температура. Если, например, чайник нагревается на плите, в нем повышается температура воды из-за того, что ее молекулы двигаются все быстрее. Затем наступает момент закипания, когда это движение становится столь стремительным, что молекулы преодолевают силу взаимного притяжения и

вылетают из воды, которая таким образом превращается в пар.

Представим себе газ, находящийся в закрытом сосуде (допустим, в надутом воздушном шарике). Он содержит огромное количество молекул воздуха (примерно тысячу миллиардов миллиардов). Все они очень быстро передвигаются, сталкиваясь друг с другом и со стенками сосуда. Удары непрерывно обрушиваются на стенки. Если высыпать пачку гороха на пол, получим некоторое представление об этом. Только молекулы бьются о стенки гораздо чаще. Из этих ударов складывается сила, давящая на стенки (ее легко ощутить, сжимая воздушный шарик). Ее называют силой давления. А сила, приложенная к одному квадратному сантиметру стенки, — это давление.

### ВОПРОС 5

Воздушные шарики, которые сами поднимаются вверх, наполнены газом гелием — он легче воздуха. К сожалению, уже через сутки шарики теряют упругость, сморщиваются и перестают взлетать. Почему?

### ЧЕМПИОН ПО ДАВЛЕНИЮ

Давление может возникать под действием различных сил. Оно вычисляется по формуле  $P = F/S$ , где  $P$  — давление,  $F$  — сила, приложенная к поверхности площадью  $S$ . Вот любопытный пример. Оса вонзает свое жало с совсем небольшой силой, составляющей всего 1 миллионную часть той, с которой груз массой 1 кг давит на подставку. Но жало настолько острое, что площадь его кончика — это всего одна миллиардная часть квадратного миллиметра. Это позволяет насекомому создавать давление в 300 раз больше, чем давление воды на дне самой глубокой океанской впадины — Марианской.

## Газовые законы

**С**уществуют законы, определяющие поведение газов при изменении их состояния. Нагреем газ в закрытом сосуде. Ясно, что атомы или молекулы начнут двигаться быстрее, а значит, с большей силой стучать в стенки. Вывод: при постоянном объеме газа его давление пропорционально температуре (закон Шарля).

Если газ нагревать и дать возможность расширяться (как в воздушном шарике), то будет расти уже его объем. Следовательно, при постоянном давлении объем газа пропорционален его температуре (закон Гей-Люссака).

Наконец, если сжать газ (уменьшить объем), сохраняя его температуру, молекулы в меньшем объеме будут быстрее преодолевать расстояние между стенками и чаще ударяться о них. Больше ударов — больше давление. Отсюда следует, что давление газа при постоянной температуре обратно пропорционально его объему (закон Бойля — Мариотта).

