

© 000 «Издательство «Наше слово», перевод на русский язык, 2017
© 000 «Издательство «Наше слово», макет, 2017
© Оформление. 000 «Издательство «Эксмо», 2020

Джайлс Спэрроу

ФИЗИКА ЗА 5 МИНУТ

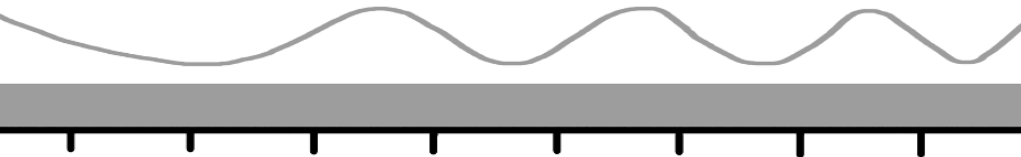
200 главных понятий быстро и просто



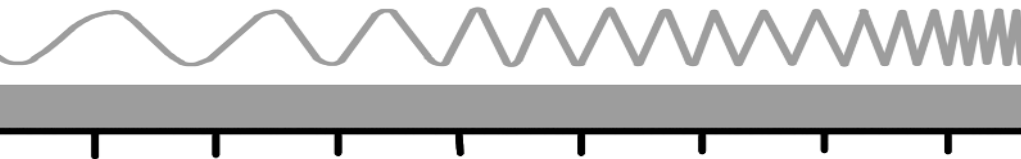
Москва
2020

Содержание

Введение	6
Классическая механика	8
Волны	60
Термодинамика	104
Электromагнетизм	124
Материя	152
Электричество	202



Ядерная физика	258
Квантовая физика	284
Физика элементарных частиц	322
Релятивизм и космология	364
Термины	408
Именной указатель	411



Введение

Есть один старый ученический анекдот, в котором ловко описаны три основные школьные науки: «Если оно дергается — это биология, если воняет — химия, а если не работает — физика». К сожалению, хоть физика и на последнем месте в этой шутке, все эти определения послужат многим хорошим предупреждением. Помню, как я просиживал на занятиях, подгоняя результаты опытов по демонстрации закона Бойля или по измерению ускорения силы тяжести.

Однако учебные опыты оказывают физике медвежью услугу, ведь на самом деле она, возможно, древнейшая и уж точно самая глубокая наука, и она открывает фундаментальные истины об устройстве Вселенной. Хотя ушли века, прежде чем мы смогли понять то, что физические принципы лежат в основе многих других наук и всех современных технологий. Многие даже готовы поспорить, что астрономия, химия, а то и молекулярная биология, по своей сути, — лишь «прикладная физика».

Как наука физика может быть одновременно и соблазнительно простой, и потрясающе сложной. Обычные урав-

нения движения и законы электричества и магнетизма, которые мы изучаем в школе (не преминув их позабыть), те же, что и повсеместно используются для создания необычайно сложных механизмов, например таких, как Большой адронный коллайдер, там, где горстка фундаментальных частиц, которая, казалось бы, способна объяснить саму природу материи, обладает свойствами, которые возможно понять лишь при помощи теорий, требующих полдюжины других, неведомых размерностей. Даже такой простой «мысленный эксперимент», в котором кошка находится в ящике с неким смертельным газом, имеет далеко идущие последствия для природы самой реальности.

На страницах этой книги вы познакомитесь со всеми аспектами физики, от едва оставшихся в памяти школьных опытов до исследований, находящихся на крае передовой науки, где физика перемежается с философией. Затронув лишь 200 тем и преднамеренно избегая при этом пугающих уравнений, мы сумеем лишь прикоснуться к этой науке. Однако надеюсь, что к концу книги вы освежите свои знания и вдохновитесь на собственные исследования. А прежде всего, надеюсь, вы сможете убедиться, что, вопреки тому старому анекдоту, *физика работает*.

Классическая механика

Механика — это раздел физики, который изучает поведение объектов в движении или под воздействием различных сил. Эта древнейшая сфера физической науки берет начало еще в Древней Греции и называется «классической», поскольку включает законы, которые стали известны задолго до двойного научного прорыва XX века — квантовой теории и релятивизма. Эти законы все еще применимы к большинству привычных явлений Вселенной, возникающих выше уровня атомов и молекул. Лишь для экстремальных условий высоких скоростей, сильных гравитационных полей или крайне малых масштабов более современные открытия предлагают более точные описания происходящего. Классическая механика описывает аспекты Вселенной от простых механизмов до вращения планет, свойства твердых тел, жидкостей и газов — начиная с уровня атомов и до обыденного или «макроскопического» масштаба. В основе всех этих непохожих явлений лежит простая и элегантная модель столкновения физических тел и простые законы,

которые управляют их движением и взаимодействием. Методы классической механики позволяют нам просчитать механизмы приобретения, потери и трансформации энергии между частицами, а также предугадать их поведение во множестве ситуаций.

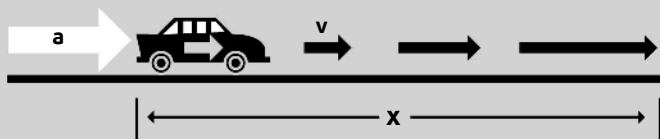
Наиболее важными из этих законов являются законы движения и гравитации Ньютона, описанные английским физиком сэром Исааком Ньютоном в книге 1687 года *«Математические начала натуральной философии»*, более известной под своим латинским названием «Principia». Законы Ньютона описывают движение объектов под влиянием различных сил (см. с. 24), а также силы тяготения между большими массами (см. с. 32). Таким образом они дают полное представление о многих явлениях природы и нарушаются лишь в экстремальных условиях — на субмикроскопическом уровне квантовой физики или при высоких скоростях или гравитации, описываемой релятивизмом. И в самом деле, законы Ньютона настолько хорошо описывают окружающий нас мир, что зачастую Ньютонская физика используется как синоним всего раздела классической механики.

Скорость и ускорение

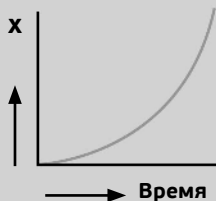
Концепции скорости и ускорения лежат в основе описания движения всех тел в механике. Скорость в физике разделяется на два вида: скорость движения как величина, описывающая движение тела в любом направлении, и скорость движения в определенном направлении. Обе величины измеряются в одних и тех же единицах (например, в метрах в секунду), однако ненаправленная скорость — величина «скалярная», а направленная — «векторная». В большинстве случаев гораздо полезнее знать именно векторную скорость объекта, а не скалярную.

Другая векторная величина — ускорение, которое измеряет степень изменения скорости объекта (например, в метрах в секунду в квадрате — м/с^2). Ускорение возникает, только когда на объект влияет какая-либо внешняя сила, и в зависимости от направления этой силы может привести к снижению его скорости (что часто называют торможением) или к изменению направления и величины его скорости.

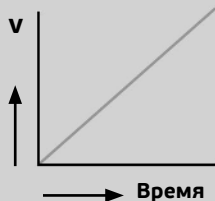
Когда машина разгоняется с равномерным ускорением (a), ее векторная скорость (v) увеличивается линейно, а общее преодоленное расстояние (x) — по параболическому закону.



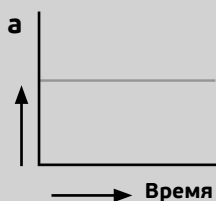
Расстояние



Скорость



Ускорение



Масса, инерция и вес

Величины массы, инерции и веса описывают неотъемлемую восприимчивость ускоряться по отношению к воздействию внешней силы. Термины «масса» и «вес» зачастую (и неверно) употребляют синонимично: масса объекта прямо пропорциональна объему содержащегося в нем вещества и изменяется, только если вещества становится больше или меньше (или же в экстремальных обстоятельствах, описанных Эйнштейном. — см. с. 374). Инерция — стремление объекта противостоять любым изменениям его движения. Она прямо пропорциональна массе, содержащейся в объекте, и, как правило, не измеряется отдельно, несмотря на то что является важной концепцией физики Ньютона.

Вес, однако, — это мера силы, которую испытывает на себе данная масса в гравитационном поле. Поскольку это сила, то ее измеряют в ньютонах, где 1 ньютон — сила, необходимая для увеличения скорости массы в 1 килограмм с темпом 1 метр в секунду за 1 секунду. Поскольку гравитационное ускорение на поверхности Земли составляет $9,81 \text{ м/с}^2$, то вес объекта массой в 1 килограмм, будет равен 9,81 ньютона.

Масса = 120 кг

Сила тяготения Земли = 9,81 Н/кг

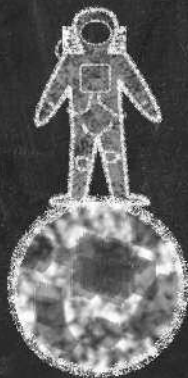
Вес = $120 \times 9,81 = 1177 \text{ Н}$



Масса = 120 кг

Сила тяготения Луны = 1,62 Н/кг

Вес = $120 \times 1,62 = 194 \text{ Н}$

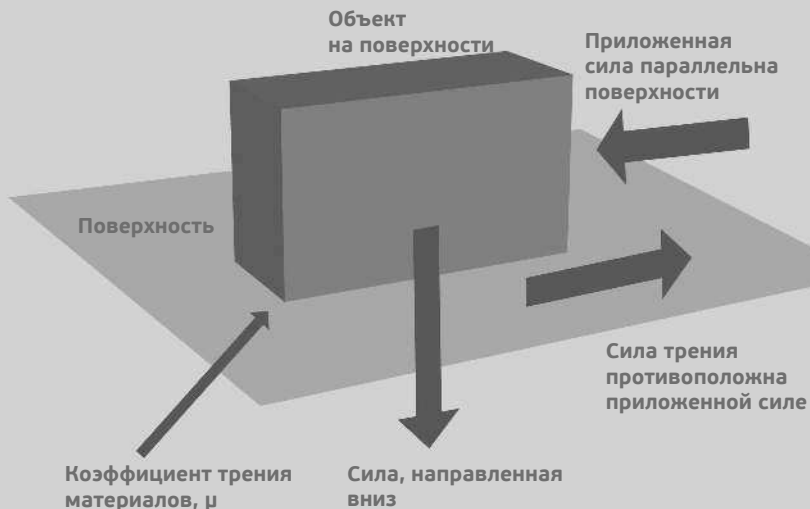


Трение

Почти в любой реальной механической «системе» движущиеся объекты испытывают силу сопротивления, которая их замедляет, а объекты в состоянии покоя — силу, которая не позволяет им начать движение. Эти силы, возникающие при взаимодействии с окружающей средой, называют трением. В зависимости от характеристик системы трение может принимать различные формы. Сухое трение возникает между твердыми поверхностями и может быть либо кинетическим (если поверхности находятся в движении), либо статическим. Жидкостное трение возникает между слоями жидкостей или газов, а внутреннее трение противостоит силам, пытающимся деформировать твердые тела.

Сухим трением управляют три закона: первый закон Амонтона гласит, что сила трения пропорциональна приложенной нагрузке (доля веса объекта, давящего на поверхность), а второй закон — что она не зависит от площади соприкосновения. В то же время закон трения Кулона утверждает, что кинетическое трение также не зависит от «скорости скольжения» между двумя поверхностями.

Величину сухого трения, которое испытывает объект, находящийся на поверхности, можно определить с помощью коэффициента трения — μ , — который зависит от материалов объекта и поверхности



Импульс

Импульс — свойство объекта, которое лучше всего описать как «масса в движении» и которое вычисляется умножением массы тела на его скорость, а измеряется в таких единицах, как килограмм на метр в секунду ($\text{кг} \cdot \text{м/с}$). Поскольку импульс — производное от векторной, а не скалярной скорости, он также является векторной характеристикой и обладает как направлением, так и величиной. Помимо линейного импульса, вращающееся тело может также обладать и угловым моментом (см. с. 34).

Линейный импульс меняется в зависимости от приложенной силы: изменение момента пропорционально изменению скорости (таким образом, при ускорении объекта и увеличении в два раза его скорости по сравнению с начальной также удваивается его импульс). Важно заметить, что импульс — величина «сохраняемая»: в закрытой системе сталкивающихся тел не находящийся под воздействием внешних сил суммарный импульс всегда остается неизменным. Столкновение бильярдных шаров на столе или шарики в качающемся «маятнике Ньютона» являются отличными примерами этого принципа на деле.