

ДВИЖЕНИЕ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Христианская книга, knpa.org.ua

Дебби и Ричард Лоренс

Перекладено за виданням:
**«GOD'S DESIGN FOR THE PHYSICAL WORLD
MACHINES&MOTION »**
by Debbie and Richard Lawrence, Third edition.
Published by Answers in Genesis,
© 2008 by Debbie and Richard Lawrence.
ISBN: 1-60092-158-2

Copyright © Richard and Debbie Lawrence, www.answersingenesis.org

Редактор русского перевода: *Марина Новицкая*
Перевод с английского: *Леся Фролова*
Дизайн: *Андрей Горяинов*

Наш світ перебуває в постійному русі. Таким його створив Бог, і Він же встановив фізичні закони, яким підпорядковується Всесвіт. Вам належить дізнатися про ці закони, про людей, які їх відкривали, про механізми, що значно полегшують існування людської цивілізації.

Особливість серії підручників «Божий задум» в тому, що кожна книга адресована школярам різного віку. По суті, це – відновлення традицій змішаної системи навчання, коли старші можуть допомагати молодшим, закріплюючи при цьому пройдене. Таким чином, одного комплекту достатньо на всіх дітей у сім'ї. Займаючись за цими підручниками вдома або в недільній школі, ваші діти не тільки сформулюють твердий біблійний світогляд і будуть краще вчитися в загальноосвітній школі, але і зможуть на прикладах зі шкільної програми свідчити про велич Божого задуму як одноліткам, так і вчителям.

ЛОРЕНС Деббі, ЛОРЕНС Ричард
Л 81 ДВИЖЕНИЕ. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. – 162 с.
ISBN 978-966-491-394-9

Наш мир находится в постоянном движении. Таким его создал Бог, и Он же установил физические законы, которым подчиняется Вселенная. Вам предстоит узнать об этих законах, о людях, которые их открывали, о механизмах, значительно облегчающих существование человеческой цивилизации.

Особенность серии учебников «Божий замысел» в том, что каждая книга адресована школьникам всех возрастов. По сути, это – восстановление традиций смешанной системы обучения, когда старшие могут помогать младшим, закрепляя при этом пройденное. Таким образом, одного комплекта достаточно на всех детей в семье. Занимаясь по этим учебникам дома или в воскресной школе, ваши дети не только сформируют твердое библийское мировоззрение и будут лучше учиться в общеобразовательной школе, но и смогут на примерах из школьной программы свидетельствовать о величии Божьего замысла как сверстникам, так и учителям.

УДК 213 + 22
ББК 86.37

Цитаты из Библии приведены в переводе Международного Библейского Общества (МБО), если иное не указано в тексте.

ПРИГЛАШАЕМ ВАС УЗНАТЬ БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ

Невозможно получить представление о Божьем замысле и сотворении Вселенной, если не знаешь основных физических законов, которые действуют в нашем мире. Бог создал эти законы, и благодаря им Вселенная работает «как часы».

Учебные пособия из серии *Божий Замысел* помогут вам понять, какими Господь Бог задумал и сотворил Вселенную, нашу планету и её обитателей, включая нас с вами.

Эта книга знакомит вас с основными понятиями механики и законами движения. Она написана так, чтобы читать её и выполнять увлекательные задания могли ученики разных классов.

Классы 1–2

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: в данном учебнике, как и в некоторых других пособиях данного курса, отсутствует раздел, предназначенный для младших школьников (1–2 классов). Если младшие дети заинтересуются этим пособием, они могут читать разделы, адресованные более старшим ребятам. Задача учителя или родителей – помочь им в понимании сложных мест материала, а также отобрать для них (в разделах с изображением лупы) те опыты и практические задания, которые им по силам.



Куколка

Классы 3–5

Прочтите урок, обозначенный значком «куколка». Выполните задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться».



Бабочка

Классы 6–8

Прочитайте весь текст урока, выполните помещённые после него задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться». И наконец, приступайте к текстам и заданиям повышенной сложности – возле них изображён значок «бабочка». Чтобы справиться с ними, вам потребуются дополнительные знания, которые можно найти в книгах или в интернете. Вы также сможете поставить увлекательные опыты, познакомиться со многими интересными фактами.

Ученикам всех классов советуем прочесть рассказы под заголовком «Это интересно!» и выполнить заключительное задание-исследование (урок 34).

А теперь переверните страницу – и узнайте много нового и интересного о том, как удивительно Бог создал физический мир, насколько всё вокруг нас глубоко продумано и взаимосвязано и какие законы Создатель заложил в основу Своего Творения.

Иллюстрации заимствованы из следующих источников:

1 Wikipedia.org Zack Clark 7 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Aurora00 8a Wikipedia.org Kallerna 8b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Ccharleson 9a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Anastasin55 9b Wikipedia.org Charlie Cowins 10 Udo Schmidt from Deutschland, Wikipedia.org & NASA & Nick Risinger, Wikipedia.org 11a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Ppmaker2007 11b Wikipedia.org Lain Whyte 12a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Kvkirillov 12b Марина Новицкая (Симферополь) 13a Wikipedia.org Chenspec 13b Public Domain 15 Sxc.hu Petr Kovar 16 Public Domain 17a NASA 17b Wikipedia.org Matthias93 18 Public Domain 19a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Milanj 19b Wikipedia.org Ed Yourdon 20 AiG & XHAI 22a AiG & XHAI 22b Public Domain 24 Public Domain 25a U.S. Air Force 25b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Coleong 26 Wikipedia.org Tomasz Sienicki 28 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Picxels 29a Sxc.hu Angel Janer 29b Wikipedia.org Elkawe 30 U.S. Navy 31 Public Domain 33a Wikipedia.org George Chernilevsky 33b NASA 34a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Jakubcejpek 34b Wikipedia.org Ekaterina Gamova & Platon Shilikov 35 Wikipedia.org Kluge 36 Public Domain 37 Wikipedia.org Alice Volkwarden 38 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Orangelina 39 Sxc.hu Tim & Annette 40 Wikipedia.org Sgbeer 41 Wikipedia.org Hyena 42a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Feodorkorolevsky 42b XHAI 43 Public Domain 44 Public Domain 46a Public Domain 46b www.whimsy-love.com Nikki Mans & WhiMSy love 47a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Vvvladimir 47b XHAI 48a Wikipedia.org Sju 48b Wikipedia.org Marwada 48c Wikipedia.org Kenny Louie from Vancouver 49 AiG & XHAI 50a Morguefile.com Taliesin 50b Public Domain 51a Public Domain 52a Wikipedia.org Opodeldok, Carter Cutlery & Dhatfield 52b XHAI 53 Public Domain 54 Ирина Шухтуева (Севастополь) 55a Public Domain 55b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Jdwild 55c Sxc.hu Penny Mathews 56a Public Domain 56b Wikipedia.org Jan Stubenitzky 59a Sxc.hu Davide Guglielmo 59b AiG & XHAI 59c AiG & XHAI 60a AiG & XHAI 60b Flickr.com CarbonNYC 60c Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Romanchuck 61 Public Domain 62 Wikipedia.org Sovlov 63a Wikipedia.org Jean-Pol GRANDMONT 63b Sxc.hu Andrew Jabs 64a Morguefile.com Veggiegretz 64b Public Domain 65 Wikimedia.org 66 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Fred11 67 AiG & XHAI 69 AiG & XHAI 70a Wikimedia.org Andou 70b AiG & XHAI 70c Wikimedia.org Andy Dingley 71a Wikipedia.org Станислав Мельников 71b AiG & XHAI 72 AiG & XHAI 73 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Joseasreyes 74 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Joseasreyes 75a Public Domain 75b Courtesy NASA 75c Public Domain 76 U.S. Air Force 77 Анна Горяинова (Евпатория) 78a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Apletfx 78b Wikipedia.org Interiot 79a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Eric1513 79b XHAI 79c Wikipedia.org Remi Kaupp 80 Sxc.hu Rui Caldeira 81a Public Domain 81b Public Domain 82a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Melis82 82b Sxc.hu Wong Mei Teng 83a Public Domain 83b Андрей Горяинов (Евпатория) 84 XHAI 85a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Demonike 85b Wikipedia.org Chris from Poznan, Poland 87 Анна Горяинова (Евпатория) 88a AiG & XHAI 88b Public Domain 88c Public Domain 89 Public Domain 90 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Jolin 91 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Jacetan 92 Wikipedia.org Derbet 93a Public Domain 93b NASA 94c XHAI 96a Public Domain 96b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Webking 97a Wikipedia.org Richard Thorpe 97b Public Domain 98 NASA 99 Public Domain 100 Imageshack.com 101 Wikipedia.org Greyson Orlando 102a NASA 102b Wikipedia.org Luiz Eduardo 102c Wikipedia.org Pierre Selim 103a Sxc.hu Dominic Morel 103b Wikipedia.org Lutz Maertens 105a Sxc.hu Justin Visser 105b XHAI 106a ООО Физикон, 900igr.net 106b NASA 110a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Alesnowak 110b Public Domain 111a Public Domain 111b NASA 112a U.S. military, Wikipedia.org 112b NASA 114 Wikipedia.org Brevity 115a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Paha_l 115b Imageshack.com 116a Ирина Шухтуева (Севастополь) 116b Public Domain 117 Public Domain 118a Public Domain 118b Людмила Ванеева (Вологда) 119 Public Domain 120 AiG & XHAI 121 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Photogirl69 122a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Kjuby 122b XHAI 123a Public Domain 123b Wikipedia.org Caroline Pare 124a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Felixcasio 124b Public Domain 126a Sxc.hu Marc Gerardi 126b Public Domain 127 Wikipedia.org Magnus Manske 128a NASA 128b Public Domain 129a NASA 129b XHAI 130 Public Domain 131 Wikipedia.org K. 'bird' N. 132 Public Domain 133 Public Domain 135 Wikipedia.org Fedaro 136a Wikipedia.org Tomasz Sienicki 136b Public Domain 137 Wikipedia.org Lokilech 138 Wikipedia.org Roger McLassus 140a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Fraiseap 140b Sxc.hu 142a Public Domain 142b Sxc.hu Guido Ric 142c Wikipedia.org Chris Burks 143a Wikipedia.org Orion 8 143b Wikipedia.org Hafenbar 145 Public Domain 146 NASA 147 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Mil 148 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Gesait 149 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Galleria 150a Wikimedia.org Roman Aqueducts 150b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Alexisassa 150c Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Tremis11 150d Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Nalukai 150e Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Omegh 151a Wikipedia.org Moonsun1981 151b Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Chay 151c Imageshack.com 152a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Bivni 152b Imageshack.com AiG & XHAI 152c Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Tass 152d AiG & XHAI 153a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Fotoprogetto 153b Everystockphoto.com Squeezyboy 153c Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Froggy 153d Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Alekss 153e Wikimedia.org BadgerHero 153f Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Nienie1 154a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Fpf 154b Sxc.hu John Evans 155a Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Bazil8 155b Wikimedia.org Marcin Wichary 156a NASA 156b AiG & XHAI 157 Everystockphoto.com Woodleywonderworks 158 Morguefile.com Jdurham 159 Dreamstime Stock Photos & Stock Free Images Armonni1



часть 1

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Кинетическая и потенциальная энергия
- Законы сохранения энергии и массы
- Передача импульса при взаимодействии
- Взаимосвязь силы, работы, мощности
- Влияние трения на механические процессы

ТЕМЫ УРОКОВ

урок 1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ	8
урок 2. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ	11
урок 3. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ	15
урок 4. СОХРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА	19
урок 5. СИЛА	25
урок 6. ТРЕНИЕ	29
урок 7. РАБОТА	34
урок 8. МОЩНОСТЬ	38

урок 1

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Давайте двигаться



СЛОВАРЬ:

- механика
- энергия
- механическая энергия

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- физические законы



Зачем нам нужен выигрыш в силе?

Сядь очень-очень тихо. Старайся не двигаться. Представь себе мир, в котором нет никаких движений. Это было бы очень скучное место, правда? К счастью, Бог любит движение и создал Вселенную, в которой всё движется. Есть, конечно, моменты, когда нужно остановиться. В Библии, в 45 псалме, 11 стих, сказано: «*Остановитесь и познайте, что Я – Бог*». Но ведь и остановка возможна, если только мы перед этим двигались. Мир вокруг нас находится в постоянном движении.

Наука, которая изучает движение (механическую энергию), называется **механика**. Из этой книги ты узнаешь, почему возможно движение, о различных способах движения и как его можно использовать. Также мы будем изучать *гравитацию*, которая оказывает боль-

шое влияние на движение на нашей планете.

Механическая энергия – это наиболее заметный вид энергии. Существуют и другие – *химическая, электромагнитная, световая, ядерная и тепловая*. В отличие от химической, ядерной и электрической энергии, в которых всё происходит на микроскопическом и атомном уровнях, механическую энергию легко наблюдать, измерять; с ней легко проводить опыты.

Энергия, с научной точки зрения, – это способность к выполнению работы.

Механическая энергия – это способность совершать механическую работу, она связана с движением объекта или его положением. Ты выполняешь работу, если перемещаешь предметы. Ты используешь механиче-



скую энергию в бесконечном множестве вариантов. Например, когда расчёсываешься или чистишь зубы, когда подметаешь пол или катаешься на велосипеде. Механическая энергия отправляет мяч в ворота и позволяет тебе скользить по заснеженному склону.

Люди научились строить машины, которые могут выполнять гораздо больше работы, чем мы. Использование машин, увеличивающее способность выполнять работу, называется *выигрыш в силе* или *механическое преимущество*. Благодаря ему люди могут строить мосты, небоскрёбы, самолёты, авианосцы и многое другое.

Мы уверены, что тебе будет интересно изучать механику. Так что не стой на месте, двигаемся дальше!



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ДВИЖЕНИЕМ

Движение может быть *прямолинейным* (по прямой линии) или *по дуге*. Если движение происходит вокруг оси, то говорят о *круговом* движении.



Возьми теннисный мяч и проведи эксперимент с различными способами движения. Для каждого случая опиши, что ты видишь и какие силы, с твоей точки зрения, вызывают именно такое движение. ***Наблюдения проводи на улице, в парке или на спортивной площадке – там, где достаточно места для быстро движущегося мяча и он никого не заденет.***

- Прокати мяч по земле.
- Подними мяч так высоко, как сможешь, а потом урони его.
- С помощью ракетки отправь мяч в полёт.
- Попади мячом в стену (без окна).
- Крепко привяжи к мячу верёвку (до 1 метра длиной) и раскрути его над собой.

После нескольких витков отпусти верёвку. ***Проводи этот эксперимент только на открытом месте и следи, чтобы мяч ни в кого и ни во что не попал!***

Вопросы

- Когда мяч движется быстрее: при качении, при падении, при ударе или при раскручивании?
- Что случилось с мячом на верёвке, когда ты его отпустил?
- Почему вращение не сохранилось?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Что такое механика?
 - Что такое энергия?
 - Что такое механическая энергия?
 - Какие бывают способы движения?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Какая сила влияет на движение на Земле?
 - Назови три или больше примера, когда люди используют выигрыш в силе.



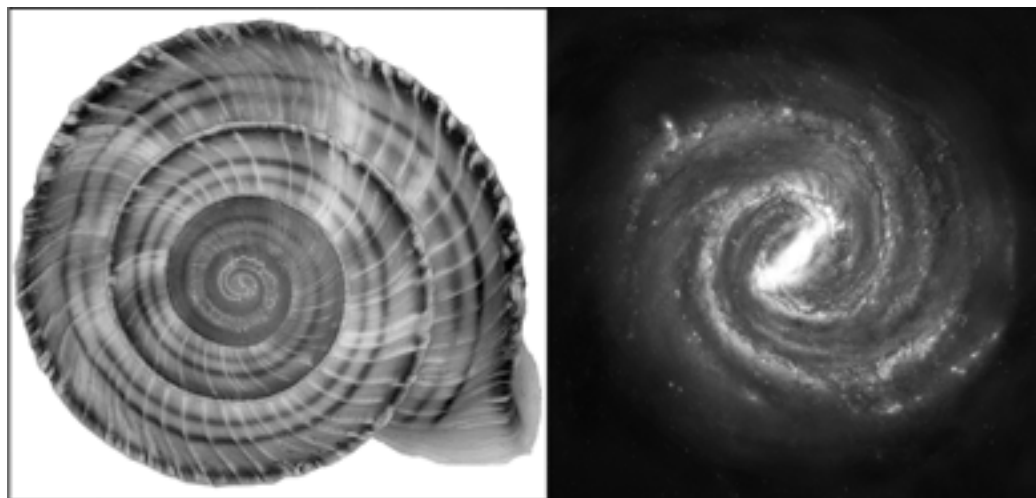
ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ

Тебе предстоит узнать многие **физические законы**, которые управляют движением объектов. Им подчиняется движение всех объектов во Вселенной.

Физические законы отличаются от других видов законов:

- они не изобретены людьми, а только описаны ими;
- они не могут быть нарушены или изменены;
- они действуют во всей Вселенной;
- они были созданы Богом.

Основываясь на собственных наблюдениях, запиши на листе бумаги, какие физические законы, по твоему мнению, относятся к движению предметов.



Одни и те же физические законы управляют и строением раковины улитки, и устройством далёких галактик

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Готовность к движению

урок 2



СЛОВАРЬ:

- кинетическая энергия
- потенциальная энергия



Как виды энергии переходят один в другой?

Механическая энергия существует в двух видах: она либо используется непосредственно в движении, либо сохраняется как возможность движения. В процессе использования она называется **кинетическая энергия** (от греческого слова «кинема» – движение). Если же в данный момент энергия не используется (сохраняется), это называется **потенциальная энергия** (от латинского слова «потенция» – сила).

Кинетическая энергия – физическое свойство движущихся объектов. Если объект не двигается, но имеет возможность начать движение, то он обладает потенциальной энергией.

Например: камень, находящийся на вершине холма, неподвижен, но может скатиться вниз по склону, поэтому у него есть потенциальная энергия. Как только он начнёт катиться, его потенциальная энергия начнёт переходить в кинетическую.

Важно понимать, что потенциальная энергия объекта всегда зависит от того, где и в каких условиях расположен предмет – или, иначе говоря, в системе с какими другими объектами мы его рассматриваем. Поэтому потенциальную энергию иногда называют *энергией положения* или *энергией взаимодействия*.

Чтобы в этом разобраться, давай рассмотрим примеры. Камень, о котором мы говорили чуть раньше, обладал потенциальной энергией из-за того, что находился на вершине холма. На него воздействовала сила гравитации – притяжение Земли: она тянула его вниз и придавала ему возможность (*потенциал*) для перемещения. Эта возможность могла стать реальным движением по той причине, что камню было куда катиться: перед ним был склон холма.

А что происходит с камнем, который лежит на ровной земной поверх-



Эти булыжники обладают потенциальной энергией

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ





Пружина в установленной мышеловке обладает потенциальной энергией

равновесия, и камень полетит вниз. Откуда у него взялась потенциальная энергия? Дело в том, что мы изменили саму систему объектов. Камень в новых условиях обладает потенциальной энергией по отношению к новому объекту, которого раньше не было: к дну ямы. По отношению к тому уровню почвы, на котором находится дно ямы, шарик и раньше обладал потенциальной энергией, просто у него не было возможности перевести её в кинетическую (так как к этому уровню у него «не было доступа»).

Ещё один пример. На верхней ступеньке лестницы лежит шарик. Если его слегка подтолкнуть, он скатится вниз – на одну или несколько ступенек. При этом потенциальная энергия шарика будет различной по отношению к различным ступенькам: небольшой – в отношении к ближайшей нижней ступеньке и гораздо большей – в отношении к концу лестницы.

Энергия, которую объект потенциально получает под воздействием силы тяжести, называется *гравитационная потенциальная энергия*.

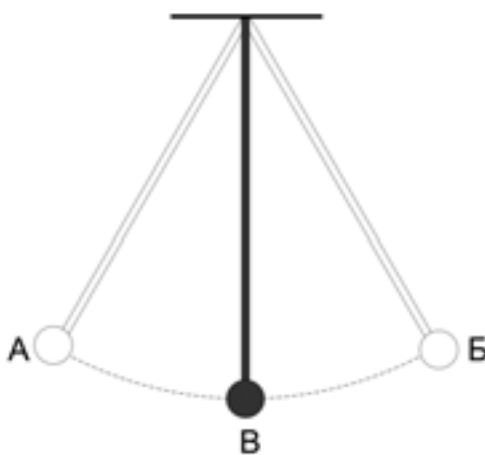
Другие объекты обладают потенциальной энергией из-за их состояния. Если пружину растянуть или сжать, она получит потенциальную энергию, поскольку будет выведена этим действием из состояния покоя. Как только сила, удерживающая пружину в состоянии растяжения или сжатия, будет убрана, пружина начнёт двигаться, чтобы прийти в естественное положение. При этом её потенциальная энергия станет кинетической.

В этом случае потенциальная энергия тоже является энергией положения: она зависит от взаимного расположения (сближения или удаления) витков пружины.

Ещё один пример преобразования одного вида энергии в другой – это качающийся маятник. В верхней точке, где маятник не движется, он обладает потенциальной энергией. Во время движения у маятника появляется кинетическая энер-

ности? На него тоже действует сила земного притяжения. Но положение камня не даёт этой силе привести его в движение: ему просто некуда катиться или падать. Поэтому в системе, объединяющей камень и ровную поверхность, потенциальная энергия у камня отсутствует.

Теперь представь, что мы берём лопаты и выкапываем глубокую яму – так, чтобы камень оказался на самом её краю. При этом сам камень мы не трогаем. Но теперь достаточно малейшего нарушения



При раскачивании маятника энергия постоянно переходит из одного вида в другой. В точках А и Б потенциальная энергия маятника максимальна. В точке В максимальна кинетическая энергия.

гия: в неё постепенно переходит запас его потенциальной энергии. В нижней точке вся потенциальная энергия оказывается преобразованной в кинетическую. Когда маятник, продолжая своё движение, устремляется вверх, кинетическая энергия снова начинает преобразовываться в потенциальную.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Потенциальная энергия бывает не только механической – то есть ею обладают не только объекты, способные двигаться. Например, потенциальная энергия пищи или топлива представляет собой химическую энергию, запасённую в этих веществах; заряженный аккумулятор обладает электрической потенциальной энергией; а соединённые вместе элементарные частицы хранят потенциальные запасы ядерной энергии. Все эти виды потенциальной энергии, в отличие от механической, преобразуются не в движение, а в другие виды энергии.



ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

ОПЫТ 1. Энергия при падении.

Подними книгу на несколько сантиметров над столом и отпусти её. Опиши, какие преобразования энергии при этом произошли.



ОПЫТ 2. Энергия упругой деформации.

Цель: попасть в цель, используя потенциальную энергию канцелярской резинки (такой, как на фотографии слева).

Необходимые материалы: бумага или картон, циркуль, карандаш, фломастеры, канцелярские резинки.

Ход работы

1. Используя циркуль, нарисуй несколько кругов с общим центром, один внутри другого – это будет мишень. Если у тебя нет циркуля, то

обведи несколько круглых предметов разных размеров.

2. Обозначь в каждом круге количество баллов. Напиши 10 в центре самого маленького круга, следующий круг обозначь цифрой 5, следующий – 3 и наружный – 1.

3. Помести мишень на стену.

4. Вместе с приятелями по очереди стреляйте в неё канцелярскими резинками. Выиграет тот, кто наберёт больше очков.

(Если не знаешь, как стрелять резинкой, найди видеоролик на YouTube, показывающий, как это делать).

Опиши превращения энергии, которые происходят, когда ты стреляешь резинкой.



1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое кинетическая энергия?
 • Что такое потенциальная энергия?
 • От чего зависит потенциальная энергия объекта?
 • Приведи несколько примеров объектов, имеющих потенциальную энергию.
 • Приведи несколько примеров объектов, обладающих кинетической энергией.
 • Приведи один-два примера перехода одного вида энергии в другой.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как происходит превращение потенциальной и кинетической энергии на американских горках?
 • Как в пружинных часах используются разные виды механической энергии?



ПОДСЧЁТ ЭНЕРГИИ

Можно подсчитать сумму потенциальной энергии, которой обладает объект, находящийся выше уровня земли. Для этого необходимо знать массу объекта и его высоту над поверхностью, на которую он упадёт.

Гравитационная потенциальная энергия равна массе объекта, умноженной на высоту и на ускорение силы тяжести. Это можно выразить формулой

$$U = mgh,$$

где U – это потенциальная энергия в джоулях, m – масса в килограммах, g – ускорение свободного падения в м/с^2 , h – высота в метрах. Ускорение свободного падения одинаково для всех объектов на Земле и равно $9,81 \text{ м/с}^2$.

Книга, которую ты сейчас держишь в руках, имеет массу приблизительно 0,4 кг. Подними её над столом, измерь высоту, на которой ты её держишь. Теперь, используя формулу, рассчитай потенциальную энергию книги. Какой будет её потенциальная энергия, если держать книгу не над столом, а над полом?

Кинетическую энергию можно рассчитать по формуле

$$K = \frac{1}{2} mv^2.$$

Кинетическая энергия, как и потенциальная, измеряется в джоулях. В этой формуле переменная m – это масса в килограммах, v – скорость в метрах в секунду. Вторая степень (или *квадрат*) скорости означает, что её величину нужно умножить саму на себя. Если ты бросишь предмет массой 2 кг со скоростью 5 м/с, какой кинетической энергией будет обладать этот предмет? А что произойдёт, если ты бросишь этот же предмет со скоростью 10 м/с? Его кинетическая энергия увеличится в четыре раза, так как она прямо зависит от квадрата скорости.

Как изменится тормозной путь автомобиля, который движется со скоростью 80 км/ч, по сравнению с тормозным путём того же автомобиля при скорости 40 км/ч?

Потренируйся в использовании этих формул.

1. Камень массой 3 кг лежит на скале высотой 20 м. Какова его потенциальная энергия?
2. Если тебе поручили уложить спать брата массой 16 кг, и ты поднимаешь и кладёшь его на кровать высотой 1 м, насколько ты увеличиваешь его потенциальную энергию?
3. Какова кинетическая энергия мячика массой 200 г, брошенного со скоростью 5 м/с? А если скорость броска будет 10 м/с?
4. Автомобиль движется со скоростью 24 м/с. Если его масса 900 кг, то какова его кинетическая энергия? А если скорость упадёт до 12 м/с?
5. Как изменяются кинетическая и потенциальная энергия самолёта при взлёте и приземлении? А в процессе полёта?

СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Ни прибавить, ни убавить

урок 3



СЛОВАРЬ:

- закон сохранения энергии
- закон сохранения массы
- замкнутая система



Какое отношение к энергии имеет масса?

Ты узнал из предыдущего урока, что потенциальная энергия легко превращается в кинетическую и наоборот. Примеры этого преобразования окружают нас повсюду – это лифты, эскалаторы, часы, весы...

Кроме механической, существуют и другие формы энергии. Например, когда ты ешь, энергия химических связей съеденной тобой пищи преобразуется в твоём теле в тепловую и механическую энергии. В фонарике-динамо механическая энергия движения твоей руки превращается в электрическую. В процессе

работы тепловых электростанций химическая энергия топлива преобразуется в механическую (вращение турбины), а затем – в электрическую.

В свою очередь, механическая энергия тоже может преобразовываться в другие виды энергии. Например, энергия вращения ветряных двигателей (таких, как на фотографии вверху) превращается в электрическую.

В течение сотен лет учёные изучали изменение форм энергии. Они выяснили: несмотря на то, что энергия часто меняет форму, её количество не меняется. Так в науке появилось очень важное понятие: *сохранение энергии*. Представь себе, что было бы, если бы небольшое количество энергии терялось каждый раз, когда она меняет форму. В таком случае за достаточно короткое время вся энергия израсходуется, и этот мир прекратит своё существование. Однако Бог создал мир, в котором энергия сохраняется.

Закон сохранения энергии говорит, что энергия не может быть создана или разрушена, может изменяться только её форма.

Этот закон подводит нас к очень важному вопросу: если энергия не может быть создана любым известным нам природным способом, то откуда она появилась? Существуют различные мнения относительно того, как возникла Вселенная. Сторонники теории эволюции утверждают, что звёзды и планеты образовались постепенно, в течение миллиардов лет. Однако никто из *эволюционистов* не объясняет, как в самом начале образовалась энергия. С другой стороны, в Библии говорится,

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ





В фонарике-динамо механическая энергия преобразуется в электрическую

всех процессах не изменяется, то есть не уменьшается и не увеличивается. **Закон сохранения массы** в одной из формулировок гласит, что материя не может быть создана или уничтожена, она может только изменять форму.

Альберт Эйнштейн и другие учёные обнаружили, что между массой и энергией существует тесная взаимосвязь. Эта связь выражается знаменитым уравнением

$$E=mc^2,$$

где **E** – это энергия, **m** – масса, а **c** – скорость света в вакууме. Формула означает, что любой объект, обладающий массой, имеет энергию, а проявления энергии означают, что имеется и объект, обладающий определённой массой.

Поэтому в любой **замкнутой системе** – группе объектов, к которой ничего не добавляется извне, – количество массы и энергии остаётся неизменным.

В процессе дальнейших исследований Эйнштейном был сделан вывод, что масса объекта при определённых условиях может переходить в энергию, и наоборот. Таким образом, законы сохранения массы и энергии – это частные проявления единого закона сохранения. Бог создал материю и энергию, а затем – физические закономерности, благодаря которым Вселенная представляет собой замкнутую систему с постоянным взаимопревращением массы и энергии.

Прежде чем читать дальше, обрати внимание вот на что. Масса объекта – это не его вес. К сожалению, массу и вес часто путают: вплоть до того, что вес в повседневной жизни мы часть определяем не

в единицах силы (*ньютон*ах), а в единицах массы (*килограмм*ах).

Действительно, чем предмет массивнее – тем больше он (в обычных условиях) весит. И всё же вес и масса – это разные свойства объектов. Вес – это сила. В определённых обстоятельствах вес предметов может уменьшаться (например, когда их погружают в воду) или вообще отсутствовать: например, у объектов на борту искусственного спутника Земли; свободно падающие предметы тоже во время падения ничего не весят. Масса же объекта остаётся неизменной во всех ситуациях (кроме некоторых совершенно особенных, о которых будет упомянуто в 20-м уроке).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

С давних времён изобретатели пытались создать «вечный двигатель» – устройство, способное бесконечно совершать работу без затрат топлива или других энергетических ресурсов. Их надежды были разбиты в середине XIX века, когда был сформулирован *первый закон термодинамики*: в замкнутой системе энергия не может быть создана или уничтожена, а только передана или преобразована. Другими словами – в любой изолированной системе запас энергии остаётся постоянным. А это и есть закон сохранения энергии.



Внутри звёзд энергия связей атомных ядер превращается в тепловую и световую

Запомни пока определение массы как меры «количества» вещества. Именно так понимали её немногим более ста лет назад. Это не очень точное определение. Но для того, чтобы дать лучшее, необходимо ещё немало узнать о свойствах объектов и законах, которым подчиняется их движение. В своё время ты узнаешь более точное определение того, что такое масса.



ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

Согласно первому закону термодинамики энергия не может быть уничтожена. Она только меняет свою форму. Выполни ряд простых опытов и попробуй определить, что каждый раз происходит с энергией.

Необходимые материалы: лист бумаги, ручка, игрушечная машинка (или другой катящийся объект), 2–3 книги, дощечка или лист картона.

Поставь игрушечную машинку на пол. Толкни её, и пусть она катится. Понаблюдай за ней и запиши ответы на вопросы.

- Как далеко продвинулась машинка?
- Почему она остановилась?
- Какие формы энергии есть у этой машинки?
- Как энергия переходила из одного вида в другой?



Сделай на полу пандус из дощечки или картона и двух или трёх книг. Поставь игрушечную машинку на верхнюю часть пандуса, затем отпусти, чтобы она поехала. Понаблюдай за ней и запиши ответы на вопросы.

- Какой вид энергии есть у машинки на верху пандуса?
- Откуда она взялась?
- Что произошло с кинетической энергией машинки, когда она покатила по полу?

Спой песню. Подумай и запиши ответы на вопросы.

- Какие преобразования видов энергии участвуют в пении?
- Что происходит с энергией, когда звук затихает?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Что такое закон сохранения энергии?
 - Что такое закон сохранения массы?
 - Что мы называем замкнутой системой?
 - Как объясняет знаменитое уравнение Эйнштейна отношение массы и энергии?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Что происходит с механической энергией, когда движущийся объект замедляется и в конце концов останавливается?
 - Если бы мы жили в мире, в котором отсутствует трение, что произошло бы с игрушечной машинкой, если бы мы запустили её на полу?

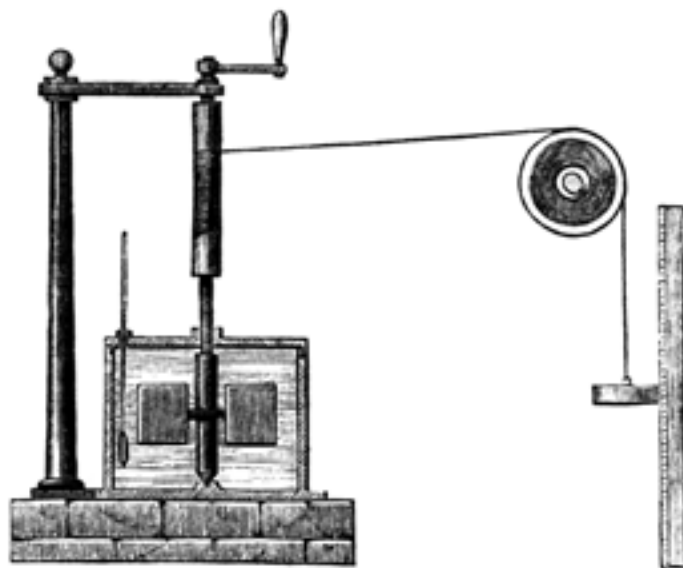


ЭКСПЕРИМЕНТ ДЖОУЛЯ

Первым учёным, показавшим, что тепло является одной из форм энергии, в которую может превращаться механическая энергия, был английский физик Джеймс Джоуль. Он изучал природу тепла и обнаружил его связь с механической работой. Так возникла идея сохранения энергии, а позже был разработан и *первый закон термодинамики*.

В 1840-х годах Джоуль провёл такой эксперимент (см. иллюстрацию). Латунное колесо вращало лопастями воду в медном сосуде. Колесо двигалось за счёт опускающегося груза. Во время вращения колеса температура воды увеличивалась в зависимости от того, насколько опускался груз. Изменение веса груза приводило к изменению температуры нагрева воды. Джоуль показал прямую зависимость между механической силой приложенного веса и изменением температуры воды. Механическая энергия переходила в тепло – а значит, энергия в этом эксперименте сохранялась.

Сможешь объяснить, как движение лопастей повышало температуру воды?



СОХРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА

Движущиеся массы

урок 4



СЛОВАРЬ:

- импульс
- функция
- закон сохранения импульса



Как законы механики действуют в бейсболе?

Движущиеся объекты обладают импульсом. **Импульс** – это мера количества движения, *векторная* физическая величина, которая зависит от массы объекта и его скорости. Иными словами, импульс – *функция* массы объекта и его скорости.

(**Функция** – термин, используемый в математике для обозначения такой зависимости между двумя величинами, при которой если одна величина задана, то другая может быть найдена. Изучая физику, ты часто можешь встретить этот термин).

Импульс – величина *векторная*: это означает, что он имеет направление. Ведь импульс зависит от *скорости*, а она тоже является векторной величиной. О скорости и векторе ты подробнее узнаешь из урока 18. А пока запомни, что импульс движения имеет то же направление, что и направление (вектор) скорости. При увеличении скорости движения объекта растёт и его импульс. Если два объекта с одинаковой массой движутся в одном направлении, импульс будет больше у того, который быстрее движется.

Аналогичным образом, при одинаковой скорости движущихся объектов, у объекта с большей массой будет больший импульс. Например, если легковой автомобиль и грузовик с прицепом движутся по дороге с одинаковой скоростью 70 км/ч, то импульс грузовика значительно больше, потому что его масса выше. Поэтому при одинаковой скорости движения тормозной путь грузовика будет длиннее, чем легкового автомобиля.

В замкнутой системе импульс сохраняется. Это значит, что если два объекта движутся навстречу друг другу и сталкиваются, суммарный импульс после столкновения будет равен суммарному



1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



импульсу до столкновения. Мы наблюдаем это каждый день в разных ситуациях, не подозревая, что это физический закон. Вспомни, например, отбивающего игрока в бейсбольном матче. Когда мяч летит в его сторону, он имеет массу и скорость, а значит – определённый импульс. Отбивающий замахивается битой, имеющей массу, придавая ей некоторую скорость и, следовательно, импульс. Когда мяч касается биты, большая часть импульса биты передаётся мячу, заставляя его изменить направление движения и скорость. Остаток импульса биты затрачивается на завершение размаха.

Закон сохранения импульса (закон сохранения движения) говорит о том, что в замкнутой системе импульс не меняется. Поэтому если сложить импульсы биты и мяча до их столкновения и после, сумма будет одинаковой. После удара импульс мяча увеличился, а импульс биты уменьшился, но их сумма осталась неизменной. Импульс мяча увеличился на столько, на сколько уменьшился импульс биты.

Так как импульс является функцией не только скорости, но и массы, то при столкновении двух объектов импульс более лёгкого объекта увеличивается, а того, что тяжелее, уменьшается. Масса бейсбольной биты больше, чем мяча, поэтому при столкновении мяч меняет направление и скорость. Если ты когда-нибудь играл в стеклянные шарики, то знаешь, что «биток» крупнее остальных шариков – именно для того, чтобы его импульс мог выбить другие шарики за пределы круга. Ещё один пример: два человека прыгают на батуте. Если один из них весит значительно больше другого, то колебания батута от прыжка тяжёлого человека приведут к тому, что лёгкий человек подскочит в воздух выше и быстрее. Сложив импульсы людей до прыжка на батуте и после, можно заметить, что суммарный импульс не изменился.



НАБЛЮДЕНИЕ ИМПУЛЬСА

Цель: наблюдение за действием импульса в различных условиях.

Необходимые материалы: шесть стеклянных шариков, книга в твёрдом переплёте, домино, мячик для пинг-понга, мяч для гольфа.

Ход работы

1. Помести четыре шарика одинакового размера на краю книги в твёрдом переплёте, чтобы они касались друг друга (см. иллюстрацию).
2. Покати пятый шарик по краю книги. Что произошло, когда этот шарик столкнулся с четырьмя неподвижными шариками? Сможешь объяснить, почему?
3. Поставь домино в ряд. Расстояние между костями должно быть таким, чтобы от толчка первой костяшки по очереди упали и все последующие. Подумай, что произойдёт, если к первой кости домино ты подкатишь мячик для пинг-понга?
4. Аккуратно подкати шарик к домино. Что произошло? Как ты думаешь, что произойдёт, если вместо мячика для пинг-понга подкатить мяч для гольфа? Попробуй и убедись в правильности своих предположений.



Вопросы

- Почему мячик для пинг-понга не может опрокинуть домино?
- Почему мяч для гольфа приводит к тому, что домино падают?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое импульс?
- Какие две величины влияют на импульс объекта?
- Что гласит закон сохранения импульса?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Что произойдёт со скоростью и направлением движения при столкновении двух футболистов, если они бегут навстречу друг другу, и масса одного из них намного больше, чем масса другого?
- Что произойдёт, если в лежащую на гладком столе монету кинуть другой монетой?
- Как сделать, чтобы мячик для пинг-понга опрокинул более массивную, чем он, кость домино?
- Если мяч для гольфа подкатить очень медленно, собьёт ли он тогда домино?



РАСЧЁТ ИМПУЛЬСА

Математически импульс описывается формулой

$$p = mv,$$

где **p** – импульс, **m** – масса, а **v** – скорость. Автомобиль массой 1000 кг, который движется на восток со скоростью 50 км/ч, имеет импульс 50000 кг·км/ч, направленный на восток.

Для обозначения импульса нет специальной единицы, и он описывается в единицах массы и скорости.

С помощью формулы вычисли импульс каждого из следующих объектов.

Объект 1: мальчик массой 50 кг бежит на соревнованиях со скоростью 4 м/сек.

Объект 2: девочка, масса которой составляет 45 кг, на этих же соревнованиях бежит со скоростью 4 м/сек.

У кого из них импульс больше?

Объект 3: шар для боулинга массой 5 кг катится со скоростью 8 м/сек.

Объект 4: пуля массой 0,05 кг летит со скоростью 1000 м/сек.

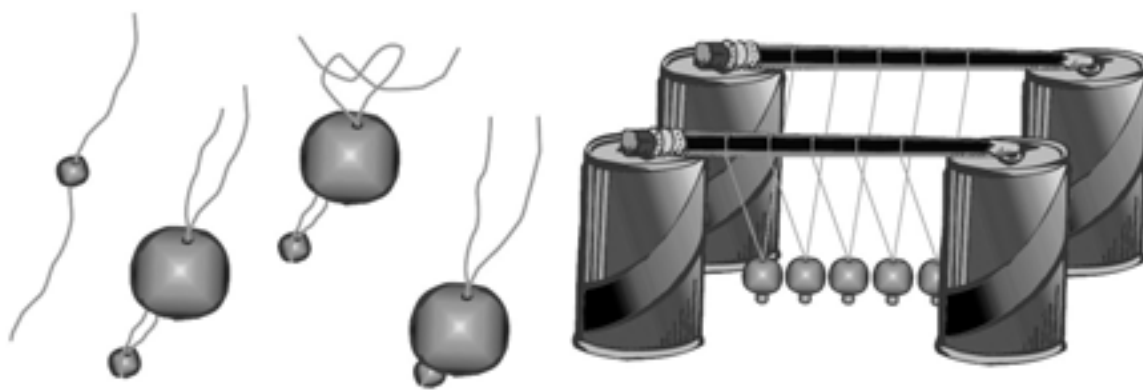
Каким окажется импульс шара для боулинга по сравнению с импульсом пули?

Цель: сделать устройство «колыбель Ньютона» и продемонстрировать сохранение импульса.

Необходимые материалы: пять больших и пять маленьких стеклянных шариков (можно использовать тяжёлые пластиковые) со сквозными отверстиями, линейка, два карандаша, нож, нить, четыре жестяных банки из-под лимонада.

Ход работы

1. С помощью линейки измерь диаметр больших шариков.
2. Сделай на каждом карандаше по пять меток. Они должны быть расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, равном диаметру крупного шарика.
3. С помощью ножа аккуратно сделай выемки на каждой метке.
4. Отрежь пять нитей длиной 20 см, и каждую нить продень сначала через маленький шарик, так, чтобы он был посередине, затем соедини концы нити и надень большой шарик (см иллюстрацию на следующей странице).



5. Каждый конец нити привяжи к выемкам на карандашах и помести карандаши на банках, как показано на рисунке.

Такие конструкции иногда продаются в магазинах сувениров и называются «маятник Ньютона». Взрослые любят ставить их на свой рабочий стол. Если у твоих родителей есть такой мóbиль, попроси его для эксперимента.

Теперь можно начинать играть с «колыбелью». Оттяни крайний шарик и отпусти его. Что произойдёт, когда он ударится о соседний шарик? Попробуй оттянуть и отпустить сразу два шарика. А что произойдёт, если поднять и отпустить сразу три шарика? Попробуй. Как это демонстрирует закон сохранения импульса?

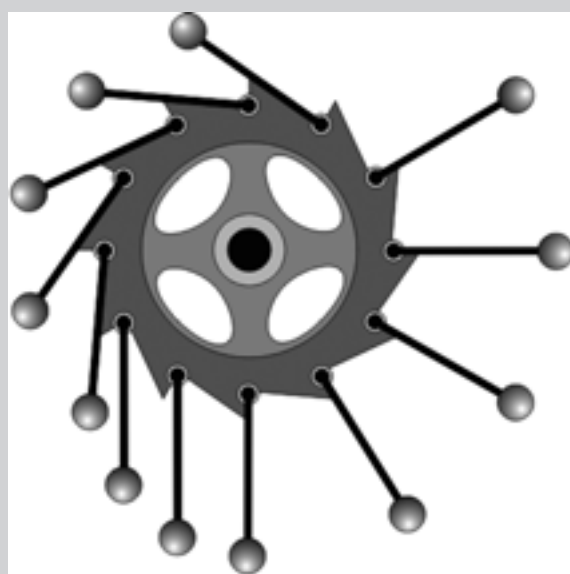
ЭТО ИНТЕРЕСНО!

ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

«*Nihil ex nihilo*» – «Ничто из ничего»

На протяжении веков люди пытались построить вечный двигатель – машину, которая, раз начав работать, будет работать вечно. Люди мечтали о создании колеса, которое могло бы вращаться без дополнительной энергии; его можно было бы использовать, например, для помола зерна. Но возможно ли сделать что-то из ничего? Давай рассмотрим несколько таких попыток.

Сложно определить, кто и когда попытался изобрести первый Perpetuum mobile («Перпетуум мобиле» – так по-латыни называется вечный двигатель). Самое раннее упоминание найдено в работах индийского поэта, математика и астронома Бхаскары. Приблизительно в 1150 году он описал некое колесо с прикреплёнными наискось по ободу длинными узкими сосудами, наполовину заполненными ртутью. Бхаскара обосновывал вращение колеса весьма просто:



«Наполненное таким образом жидкостью колесо, будучи насажено на ось, лежащую на двух неподвижных опорах, непрерывно вращается само по себе». Такую конструкцию называют «неуравновешенное колесо», и многие безуспешно пытались использовать этот метод для того, чтобы построить вечный двигатель.

Один из самых ранних чертежей вечного двигателя найден в альбоме французского архитектора XVIII века Виллара де Оннекура. На чертеже изображено колесо с несколькими

молоточками, торчащими снаружи обода (см. рисунок). Идея была такой: во время падения молоточек давал бы достаточно энергии, чтобы повернуть колесо до того момента, когда упадёт следующий молоточек. В результате колесо должно постоянно вращаться.

Леонардо да Винчи, гениальный механик, изучил несколько вариантов «неуравновешенного колеса», объяснил, почему они не работают, а затем попытался создать новые принципиальные схемы вечного движения. Он не смог полностью понять основные законы сохранения и превращения энергии, открытые гораздо позже, однако именно он впервые сформулировал принцип невозможности создания вечного двигателя:

«Я пришёл к выводу о невозможности нахождения непрерывного движения, а также вечного колеса. Поиск конструкции вечного колеса – источника вечного движения – можно назвать одним из наиболее бессмысленных заблуждений человека. В течение веков все, кто имел дело с гидравликой, военными машинами и прочим, тратили многу времени и денег на поиски вечного двигателя. Но со всеми ними случалось то же, что с искателями золота <алхимиками>: всегда находилась какая-либо мелочь, которая мешала успеху. Моя небольшая работа принесёт им пользу: им не придётся больше спасаться бегством от королей и правителей, не выполнив обещания».

В период между 1712 и 1719 годами саксонский инженер-механик Иоганн Эрнст Бесслер, известный также как Орфиреус, экспериментировал с конструкцией вечного двигателя. Четыре сконструированных им варианта «вечного колеса» были испытаны публично при многих свидетелях. В 1717 году он построил крупнейшее из своих «колёс» и распорядился начать испытания. 12 ноября 1717 года механизм был помещён в комнату. Сразу после запуска дверь в комнату была опечатана. Через две недели дверь была открыта – машина все ещё работала. Дверь снова была опечатана, её не открывали до 4 января 1718 года. По словам очевидцев, машина продолжала работать почти с той же скоростью.

Естественно, Бесслера подозревали в мошенничестве. Одна из историй того времени говорит о том, что в соседней комнате находился слуга, который поддерживал движение машины специальной рукояткой. Для того чтобы развеять подобные слухи, Бесслер поставил машину в центре большой комнаты. Также считали, что внутри машины была спрятана пружина или большой вал, который поддерживал движение. Никто не знал точно, как эта машина работала, потому что Бесслер разрешил осмотреть машину всего нескольким людям, которые при этом подписывали обязательство не разглашать увиденное. Бесслер умер, так и не раскрыв свой секрет. Перед смертью он уничтожил все механизмы, чтобы никто не смог доказать или опровергнуть его заявления.

Смотри, как интересно получается. Мы не в состоянии сейчас взять и проверить, не содержала ли машина Иоганна Бесслера какого-то потайного устройства. Так что же, может быть, ему действительно удалось создать вечный двигатель?.. Нет. Мы можем уверенно ответить, даже не имея доступа к самому механизму. Мы не знаем, как именно была устроена машина Бесслера, но мы знаем всеобъемлющий и нерушимый физический закон. Энергия и импульс всегда сохраняются. Этот закон установлен самим Создателем – и, следовательно, не может быть нарушен. Энергия не может возникать из ничего. А так как при вращении колеса часть энергии всё время неизбежно тратится на его трение об ось, рано или поздно колесо остановится.

Основной проблемой «вечных двигателей» являются именно потери энергии в результате трения. Например, в «неуравновешенном колесе» оказалось, что часть энергии превращается в тепло в месте, где колесо соприкасается с осью, а ещё одна часть энергии превращается в тепло в результате столкновения с молекулами воздуха. В устройстве, схема которого представлена на следующей странице, часть энергии теряется в результате трения между водой и винтом, а также между водой, жёлобом и чашами. Кроме того, существует трение

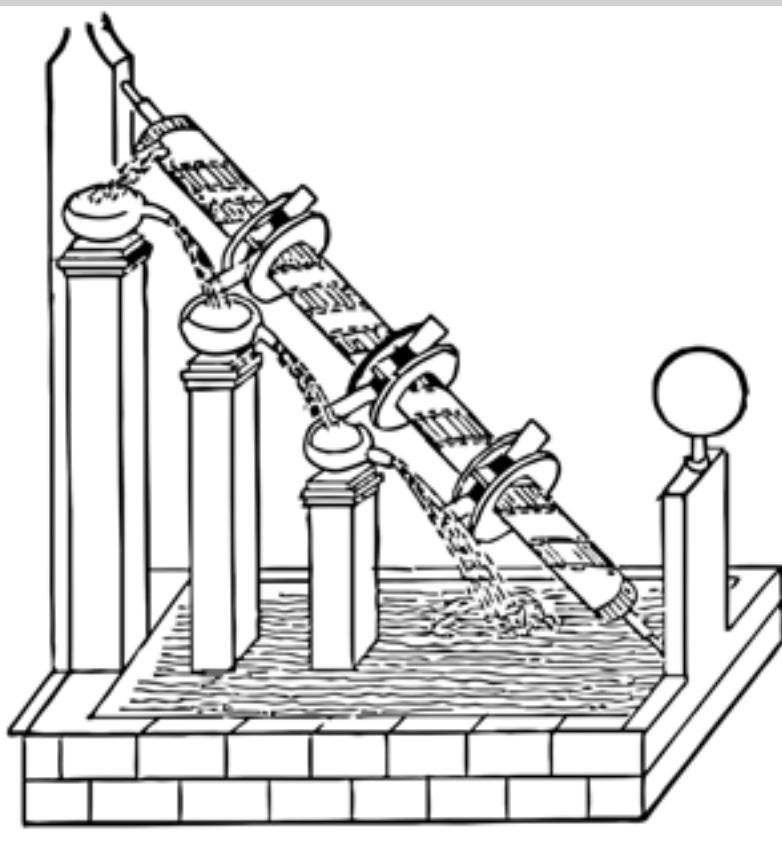
между колесом и осью, и все движущиеся части сталкиваются с молекулами воздуха.

Даже если бы мы каким-то невероятным способом сумели полностью избавиться от трения, энергия вечного двигателя всё равно не могла бы быть использована для каких-либо целей. Ведь в результате приведения в движение других предметов движение самого колеса стало бы замедляться.

От вечного двигателя нужно отличать «даровые двигатели», использующие какую-нибудь энергию, свободно поступающую извне. Таковы, например, солнечные батареи: они постоянно производят электрическую энергию, потому что перерабатывают энергию солнечного излучения. Такая система является не закрытой, а открытой: в неё постоянно вносятся извне всё новые и новые порции энергии.

Если бы можно было получить энергию из

ничего, то сама Вселенная вышла бы из-под контроля. Но Бог создал сбалансированную Вселенную, которая сама поддерживает своё равновесие.



Ещё одна несостоятельная идея – гидравлический перпетуум мобиле. Водяное колесо вращает насос, который качает воду вверх по трубе. Из трубы вода падает в систему желобов, а из них – на водяные колёса, поворачивая их и заставляя накачивать больше воды в трубу.

СИЛА

Перетягивание каната

урок 5



СЛОВАРЬ:

- сила
- напряжение
- предел прочности
- плавучесть
- выталкивающая сила
- равнодействующая сила

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- закон Гука
- ньютон



Какая сила называется равнодействующей?

На предыдущих уроках мы рассматривали движущиеся объекты, но не назвали причину, по которой объект начинает или изменяет движение. Каким образом какой-нибудь предмет можно привести в движение? Для этого его нужно потянуть или толкнуть. В механике воздействие, придающее *ускорение* объекту, к которому оно приложено, называется **силой**.

Можешь привести примеры различного приложения силы? Ты толкаешь детскую коляску или тачку в продуктовом магазине, давишь на педаль велосипеда, раскачиваешься на качелях или просто идёшь, отталкиваясь ногами от земли. Ко всем этим объектам ты прикладываешь силу толчка. А как приложить силу, потянув объект? Ты делаешь это, когда открываешь за ручку двери или ящик комода, везёшь друга на санках или состязаешься с ним в перетягивании каната. Эти типы силы мы встречаем в повседневной жизни на каждом шагу.

Действие сил в некоторых случаях – например, когда толкают коляску или растягивают резинку. – легко заметить.

Но чаще они не бросаются в глаза. Рассмотрим, например, подвесной мост, как на фотографии справа. Этот мост удерживается сильно натянутыми толстыми стальными тросами. В данном случае в них действует сила, которая называется **напряжением**. Этот термин, как и термин *сила*, употребляется не только в механике, поэтому мы будем говорить о *механическом напряжении*. Именно его постоянное действие сохраняет жёсткость троса.



Однако слишком большое напряжение может привести к разрушению объекта, в котором оно возникло. Различные материалы способны выдерживать различное напряжение. Если ты потянешь за концы нитки для шитья, ты сможешь её порвать. Но если примешься тянуть за концы каната, то маловероятно, что ты его разорвёшь: приложенной тобой силы окажется недостаточно. В таких случаях говорят, что канат более *прочный*, чем нитка. Количество напряжения, которое может выдержать материал, называется **предел прочности**. Предел прочности стального троса намного выше, чем каната. Архитекторы и инженеры-строители должны очень хорошо знать предел прочности различных материалов при проектировании мостов и других сооружений.

А вот другой пример: действие силы выталкивания в жидкой и газообразной среде придаёт объектам способность оставаться в равновесии, не выходя из воды и не погружаясь *дальше*, то есть плавать. Такое свойство объекта называется **плавучесть**. Древнегреческий учёный Архимед сформулировал принцип плавучести: объект не тонет, а плавает, когда его вес равен весу вытесненного им объёма жидкости.



Это вытекает из открытого им же закона (названного его именем): на тело (то есть объект), погружённое в жидкость (или газ), действует **выталкивающая сила**, равная весу вытесненной этим телом жидкости (или газа). Лодка может плавать, потому что вытесняет достаточное количество воды, чтобы выталкивающая сила, действующая на неё, не давала ей утонуть. Чем тяжелее лодка, тем больше воды она должна вытеснить, чтобы остаться на плаву. Стальной шарик сразу же утонет: вытесненная им вода будет весить меньше, чем он сам, и выталкивающая сила не уравновесит силу тяжести. А если бросить в воду мячик для пинг-понга, он будет плавать на поверхности, практически не погрузившись.

Большинство объектов испытывают одновременно воздействие нескольких сил. Например, когда ты бросаешь мяч, он испытывает силу толчка рукой, а также силу притяжения Земли. Сумма всех сил, действующих на объект, называется **равнодействующая сила**. Мяч получает ускорение от силы броска, но потом замедляется из-за силы тяжести. В самой верхней точке полёта он останавливается, а затем меняет направление – начинает падать. Сила тяжести продолжает тянуть его вниз, и мяч начинает ускоряться, пока не ударится о землю и опять сменит направления движения – и так будет повторяться до полной остановки мяча.

Действующие на погружённый в жидкость объект силы (выталкивающая и вес) направлены в противоположные стороны. Именно от направления равнодействующей силы и зависит, утонет объект или будет плавать.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Считается, что Архимед открыл свой закон во время купания в общественной бане. Предание гласит, что учёный выпрыгнул из воды и побежал по улице с криком: «Эврика!» (Подробнее об Архимеде ты сможешь прочесть на стр. 44).



ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ

Цель: проверить прочность на растяжение различных материалов.

Необходимые материалы: нитки для шитья, два карандаша, тонкая леска, верёвка.

Ход работы

1. Отрежь нить длиной 30 см.
2. Привяжи концы нити к карандашам.
3. Возьми карандаши в руки и тяни их в разные стороны до тех пор, пока нить не порвётся. Насколько это было тяжело?
4. Вместо нити привяжи к карандашам тонкую леску.
5. Потяни карандаши в разные стороны. Смог ли ты порвать леску?
6. Верёвку привязывать к карандашам не нужно. Попроси кого-то тебе помочь: тяните верёвку в разные стороны. Если вы будете тянуть изо всех сил, порвётся ли она?

Вывод: У верёвки более высокий предел прочности по сравнению с ниткой и тонкой леской, поэтому она может выдержать гораздо большее напряжение.

* * *

Ты можешь также поэкспериментировать с плавучестью. Слепи из пластилина разные фигуры и аккуратно опускай их в миску с водой. Фигуры какой формы будут плавать? А тонуть? Подумай, почему фигуры одной формы плавают, а другой – тонут?



НАПРАВЛЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СИЛ

Равнодействующая сила равна сумме всех сил, действующих на объект. Если все силы действуют в одном направлении, то они суммируются, если действия сил направлены в разные стороны, то они вычитаются.

Попробуй решить несколько задач на сумму сил.

1. Лодка направлена вверх по течению, люди в ней гребут со скоростью 10 км/ч. Скорость течения – 5 км/ч. Как быстро и в каком направлении движется лодка?
2. Лодка направлена вниз по течению при скорости гребли 10 км/ч. Скорость течения – 3 км/ч. Как быстро и в каком направлении движется лодка?
3. Лодка пытается двигаться перпендикулярно потоку со скоростью 3 км/ч. Скорость потока – 4 км/ч. Как быстро и в каком направлении на самом деле движется лодка?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Что такое механическая сила?
 - Что такое механическое напряжение?
 - Что такое предел прочности?
 - Что такое плавучесть?
 - Что такое равнодействующая сила?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Какие силы действуют во время игры в баскетбол?
- Почему в солёной морской воде плавать легче, чем в пресной воде в бассейне?
- Что будет с лодкой, которая плывёт против течения с той же скоростью, что и поток воды?
- Какие силы действуют на лыжника, спускающегося с горы?



ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СИЛЫ

В механике остаётся невыясненным один вопрос: почему, вследствие каких физических процессов возникают те или иные силы. Однако для вычисления траекторий объектов или их предела прочности достаточно знать, чему равна сила. А это можно вычислить, зная способ измерения сил и не вникая в их природу. Французский математик и физик Анри Пуанкаре говорил: в механике «нет надобности, чтобы определение силы объясняло, что есть сила в себе, и что она – причина или следствие движения».

Механические силы могут быть измерены с помощью пружины, которая растягивается или сжимается на определённую длину пропорционально прилагаемой силе. Эта зависимость называется **закон Гука**. Благодаря ему мы можем *калибровать* и использовать весы. Растяжимость пружины зависит также и от её материала, но она всегда пропорциональна прилагаемой силе.

Единица измерения силы названа в честь сэра Исаака Ньютона, одного из величайших физиков всех времён и народов. Один **ньютон** (обозначается **Н**) определяется как сила, изменяющая за 1 с скорость объекта массой 1 кг на 1 м/с в направлении действия силы. Таким образом, $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \times \text{м/с}^2$. А значит, хотя бытовые пружинные весы калиброваны в килограммах, а не в ньютонах, их всё равно можно использовать для измерения силы.

Ты также можешь использовать электронные, а не пружинные весы. Хотя в них нет пружины, её заменяет эталонное значение, заложенное в память электронного блока.

Учти при этом ещё одно обстоятельство: хотя пружинные весы показывают именно вес (то есть силу), исторически сложилось так, что люди наносят на них шкалу с единицами массы – килограммами. Поэтому, если ты хочешь узнать свой вес так, как он и должен определяться – в единицах силы, ньютонах, – тебе нужно умножить то число, которое весы показали «в килограммах веса», на 9,81.

Цель: измерить количество силы при воздействии на весы различных объектов.

Необходимые материалы: весы (пружинные или электронные), книга.

Ход работы

1. Нажми со всей силой одной рукой на весы.
2. Встань на весы и посмотри, с какой силой гравитация действует на твоё тело.
3. Положи на весы книгу и посмотри, с какой силой гравитация действует на неё.

Выводы

Максимальное сжатие пружины произошло при воздействии того объекта, чья масса является наибольшей.





ТРЕНИЕ

Противодействие движению

урок 6



СЛОВАРЬ:

- трение
- сила трения
- смазочные материалы



Зачем нужны смазочные материалы?

Все знают: катаясь на коньках или скейтборде даже по очень гладкой поверхности, нужно периодически отталкиваться, чтобы не остановиться. Почему движение замедляется, и мы останавливаемся? Потому что в месте соприкосновения объектов возникает взаимодействие, которое препятствует движению. Это взаимодействие называется **трение**.

Наш мир устроен так, что трение сопутствует любому движению. При всех видах механического движения (кроме полёта в полном вакууме) объекты соприкасаются либо с другими объектами, либо с окружающей их жидкой или газообразной средой. В результате такого соприкосновения возникает **сила трения**, действие которой направлено в сторону, противоположную движению.

С трением мы встречаемся в буквальном смысле на каждом шагу. Ведь если бы его не было, мы не смогли бы ходить. Ты мог почувствовать это во время гололёда, когда трение становится минимальным. Трение между шинами и дорогой позволяет водителю контролировать скорость и направление движения автомобиля, а трение между тормозами и колёсами абсолютно необходимо, чтобы машина могла остановиться. Если исчезнет трение, ты не сможешь перевернуть страницу книги, а кроме того – останешься без одежды: ведь переплетённые нити в тканях тоже удерживаются силой трения.

Но трение может быть и нежелательным явлением. Из-за него изнашиваются



Деревянные тормозные колодки у телеги



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Чем больше в устройстве движущихся деталей, тем менее оно долговечно: ведь эти детали снашиваются от трения. Но существует механический прибор, которому трение совсем не вредит, а наоборот – повышает его точность! Несмотря на огромное количество движущихся частей, он может прослужить очень долго. Это – песочные часы.

детали механизмов и машин, стираются подошвы ботинок и шины автомобиля, затруднено перемещение различных грузов.

Трение превращает механическую энергию в тепловую. Попробуй очень быстро потереть ладони друг о друга: они нагреются из-за трения. Слишком большое количество тепла также может оказывать на объекты повреждающее действие.

Движущиеся части в двигателе автомобиля в результате трения друг о друга вырабатывают и накапливают (генерируют) большое количество тепла. Его может быть так много, что металлические детали начнут плавиться, а это способно серьёзно повредить двигатель. Значит, трение

в двигателе должно быть сведено к минимуму.

Это достигается путём покрытия деталей двигателя специальными веществами, которые ослабляют действие силы трения. Одно из таких веществ – это масло. Оно обладает особой молекулярной структурой, позволяющей молекулам свободно перемещаться относительно друг друга. Поэтому масло скользкое. Вещества, снижающие трение, называются **смазочными материалами** или **смазками**. Очень важно, чтобы в двигателе машины было достаточно масла и он не перегревался. Однако даже при использовании смазочных материалов трение продолжает действовать и производить тепло. Поэтому в автомобиле есть специальное приспособление – *радиатор*, который охлаждает двигатель.

Сила трения существует между любыми соприкасающимися объектами, даже неподвижными. Поэтому для того, чтобы переместить объект, необходимо преодолеть силу трения. Автомобиль не поедет до тех пор, пока не будет преодолена сила трения между колёсами и землёй, а также сила трения между колёсами и их осями. (Также автомобилю, чтобы начать двигаться, необходимо преодолеть инерцию – стремление объекта оставаться в нынешнем состоянии; ты узнаешь об этом из 21 урока).

Молекулы воздуха постоянно оказывают сопротивление движущимся объектам, поэтому необходима энергия на преодоление и этой силы трения. Инженеры, разрабатывающие модели машин, самолётов и других транспортных средств, уделяют особое внимание тому, чтобы их форма была аэродинамичной – то есть имеющей минимальное влияние со стороны молекул воздуха. Это позволяет снизить потребление топлива. Форма транспортного средства – основной фактор, влияющий на силу сопротивления воздуха во время движения. Округлые поверхности испытывают меньшее сопротивление



Механик добавляет в двигатель смазку

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Если в движущемся поезде одновременно открыть все окна, то обтекание его воздухом значительно ухудшится: сила сопротивления воздуха движению состава возрастет примерно на четверть.

Округлые поверхности испытывают меньшее сопротивление

тивление по сравнению с плоскими или ребристыми. Кроме того, воздух легче проходит над гладкой поверхностью, чем над неровной или ухабистой. (Точно так же трение между двумя твёрдыми шероховатыми поверхностями сильнее, чем между двумя гладкими, отполированными).

Хотя мы и не думаем о трении постоянно, оно сопровождает каждое наше движение. Конструкторы и учёные много времени и сил тратят на то, чтобы решить проблемы влияния трения на движение.



ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ

Объекты могут взаимодействовать между собой различными способами. Как, например, можно переместить колесо из пункта А в пункт Б?

1. Ты можешь поднять колесо и нести. Чтобы оторвать его от земли, тебе придётся преодолеть *трение покоя*. Сила трения покоя всегда направлена в сторону, противоположную той силе, которая стремится привести объект в движение. Когда ты поднимаешь колесо вверх, эта сила направлена вниз, оказывая тебе сопротивление.
2. Ты можешь привязать к колесу верёвку и тащить его за собой по земле. При таком движении возникает *трение скольжения*. Сила трения скольжения действует при поступательном перемещении одного из взаимодействующих объектов относительно другого в направлении, противоположном направлению скольжения.
3. Ты можешь просто и легко катить колесо по земле. При этом тебе придётся преодолевать *трение качения*. Его сила значительно ниже, чем у трения скольжения. Поэтому для того, чтобы преодолеть трение покоя и начать скольжение, потребуется наименьшее усилие.

Давай поставим опыт, который поможет тебе сравнить величину силы трения покоя и силы трения скольжения. Сделать это тебе помогут пружинные весы.

Необходимые материалы: книга, крепкая нить или леска, мерная кружка ёмкостью 1 л, пружинные весы, лист бумаги, карандаш.

Ход работы

1. Возьми крепкую нить длиной 50 см и свяжи её концы. Получившуюся петлю продень между страницами книги так, чтобы книгу можно было тянуть за свободный конец петли.
2. Положи книгу на стол. Зацепи крючком пружинных весов свободный конец петли и начинай осторожно тянуть книгу. Пока ты прикладываешь небольшое усилие, книга не движется. Обрати внимание на показание весов в тот момент, когда книга начала движение. Запиши его, чтобы не забыть. Это число не будет равно значению силы трения покоя – ведь весы размечены в единицах массы (килограммах), а не силы. Но имея несколько показателей, мы сможем их сравнить между собой.



3. Повтори эксперимент, заставив книгу двигаться. Протяни её от одного края стола до другого. Старайся делать это с одинаковой скоростью. Запиши число, которое при этом показывали весы. Сравни этот показатель величины трения скольжения с показателем трения покоя, полученным в предыдущем опыте. Какая из двух этих сил больше?
4. Налей в мерную чашку 200 мл воды и поставь на книгу. Протяни весами книгу от одного конца стола до другого. Запиши два числа: показания весов для трения покоя и трения скольжения. Повтори эксперимент ещё 3 раза, доливая каждый раз в мерную чашку по 200 мл воды. Как сила трения зависит от массы объекта?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Что такое трение?
 - Куда направлена сила трения?
 - Чем полезно и чем вредно трение?
 - Для чего используют смазочные материалы?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Почему коммунальные службы зимой стараются увеличить трение на улицах? Как они повышают трение?
 - Какие шины и колёса какой конструкции используются на гоночных автомобилях и почему?



УМЕНЬШЕНИЕ И УВЕЛИЧЕНИЕ ТРЕНИЯ

Влияние силы трения на повседневную жизнь замечено людьми давным-давно – так же, как и значение смазочных материалов. Об этом свидетельствуют многие пословицы и поговорки.

- Не подмажешь – не поедешь.
- Пошло дело как по маслу.
- Угря в руках не удержишь.
- Что кругло – легко катится.
- Лыжи скользят по погоде.
- Колодезная верёвка сруб перетирает.
- Из навощённой нити сеть не сплетёшь.
- Коси, коса, пока роса, роса долой – и мы домой.

В современном мире высоко ценится скорость передвижения. Очень многое в нашей жизни зависит от того, насколько быстро мы окажемся в том или ином месте. Но скорость движения ограничивается трением. Поэтому усилия многих инженеров, конструкторов и изобретателей направлены на уменьшение действия силы трения.

Даже когда ещё не было поездов и автомобилей – сложных механизмов, позволяющих быстро передвигаться, – люди уже использовали приёмы, уменьшающие силу трения. Они быстро поняли, что катиться выгоднее, чем скользить, – и колёса, при-

деланные к телеге, значительно ускорили темп жизни. Но есть время года, когда скользить — намного быстрее. Чтобы колёса могли катиться, под ними должна быть твёрдая, гладкая, нескользкая дорога. Поэтому зимой намного выгоднее оказалось менять телегу на сани.



Конные сани (Украина)

Выше ты уже читал, что разработчики современных транспортных средств для уменьшения действия силы трения стараются придать своим объектам обтекаемую форму. А знаешь, что ещё помогает снизить трение при движении автомобиля? Цвет

шин! Почему все шины чёрные? В процессе их изготовления используется *вулканизация* жидкой резины, где одной из добавок служит угольная пудра. Чем больше её добавлять, тем более жёсткой, прочной и менее «прилипчивой» к шоссе будет резина. От частичек угля резина и становится чёрной.

Быстрое движение необходимо не только транспорту. Например, гидрокостюмы для дайвинга и подводной охоты специально разрабатываются со сверхгладким покрытием с внешней стороны для уменьшения действия трения при скольжении в воде.

Все эти способы уменьшают негативное действие трения. Но в других случаях бывает нужным, наоборот, усилить его воздействие. Например, туристы, идущие в горы, надевают обувь с шероховатой подошвой. А альпинисты, маршрут которых лежит через ледники, дополнительно прикрепляют к подошвам специальные



Аквалангист в гидрокостюме

приспособления — «кошки». На зиму водители надевают на колёса своих машин специальные зимние шины, особым образом разработанные и снабжённые шипами противоскольжения. Гимнасты и тяжелоатлеты, прежде чем подойти к спортивному снаряду, припудривают руки порошком магнезии (не тальком, как ошибочно считается!), чтобы они не скользили.

Без силы трения мир не мог бы существовать. Напиши небольшое исследование или фантастический рассказ на тему «Если бы исчезла сила трения».

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

урок 7

РАБОТА

Всё должно работать



СЛОВАРЬ:

- работа

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- джоуль



Как измерить результат действия силы?

Что ты представляешь себе, когда слышишь слово «работа»? Думаешь о том, кем работает твой папа? А может, вспоминаешь о домашних делах или о домашнем задании? Все эти занятия мы обычно называем работой. Но у этого слова есть и другое значение. Работа – это физическая величина. Помнишь, мы говорили, что импульс – это мера количества движения? Так вот, механическая **работа** – это продукт (результат) действия силы; иначе говоря – это мера того, что реально изменилось под воздействием силы. Величина работы зависит, во-первых, от величины и направления силы и, во-вторых, от перемещения объекта под действием этой силы.

Напомним, что объект начинает движение под действием силы толчка или тяги. Таким образом, для того чтобы совершить работу, нужно объект потянуть или толкнуть так, чтобы он сдвинулся с места. Иногда говорят: «Объект, перемещаясь под действием силы, совершает механическую работу». Но это не совсем правильно: работу совершает не объект, а сила, действующая на него. Ведь работа характеризует именно результат действия силы.

Работа зависит от расстояния. Давай рассмотрим, какая работа совершается, если ты поднимешь мяч с пола и положишь его на стол или на шкаф. Усилие, необходимое для того, чтобы поднять мяч с пола, одинаково в обоих случаях; но, когда ты кладёшь мяч на шкаф, ты поднимаешь его на большую высоту, поэтому делаешь больше работы.

Работа также зависит от массы. Требуется больше силы, чтобы поднять тяжёлый предмет, по сравнению с силой, прилагаемой к лёг-



кому предмету. Ты выполнишь меньше работы, поднимая с пола на стол волейбольный мяч, и больше работы, поднимая и кладя на тот же стол шар для боулинга. Расстояние, на которое перемещаются мяч и шар, одинаковое; но так как шар для боулинга имеет большую массу, тебе нужно приложить больше силы, чтобы поднять его, и поэтому ты выполняешь больше работы.

Траектория перемещения объекта не влияет на количество выполненной работы. Например, не важно, каким путём турист взойдёт на холм: будет ли он идти прямо к вершине или обходить холм по спирали, поднимаясь на него постепенно. Достигнув вершины, он выполнит определённое количество работы – и оно будет одинаковым независимо от того, каким путём он туда добрался. Работа будет равна его весу, умноженному на высоту, на которую он поднялся. Идти по спирали дольше, но взбираться по крутому склону труднее. При обходном пути турист затрачивает меньше усилий на каждый шаг, но делает больше шагов, чем при штурме холма «в лоб». Поэтому в обоих случаях общий объём работы будет таким же.

Если к объекту приложена сила, но объект не перемещается, работа не выполняется. Ты можешь сколько угодно толкать руками, плечом или спиной тяжеленный валун – но он не сдвинется с места. Импульс, который ты ему придаёшь, недостаточен для того, чтобы привести его в движение. Поэтому сила, приложенная тобой, никакой работы не совершит. Помнишь, на 5 уроке мы говорили о мосте, который удерживается на стальных тросах? Сила действует на эти тросы постоянно, но никакой работы при этом не совершается. Механическая работа была выполнена при установке тросов, но когда они уже установлены, дополнительная работа больше не производится.



Можно привести в пример штангиста. Он выполняет работу, отрывая штангу от помоста и поднимая её вверх. Как только вес взят и спортсмен держит штангу над головой, он больше не выполняет работу. Ему нужно постоянно применять силу, чтобы штанга не двигалась, но никакой работы при этом он не совершает. Конечно, удерживать штангу на весу – это тяжёлый труд, то есть работа в повседневном значении этого слова. Но мы ведь говорим о механической работе – а её штангист при этом не выполняет.



ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель: понять взаимосвязь силы, расстояния и работы.

Необходимые материалы: три одинаковых коробки, три предмета различного веса, стул, стол.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Сердце человека работает на протяжении 24 часов 7 дней в неделю. Работа, которую оно совершает каждый день, прокачивая кровь по телу, равна работе, выполненной при подъёме небольшого автомобиля на высоту 15 метров. Бог создал твоё сердце сильным работником, трудящимся ради поддержания твоей жизни.

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

ОПЫТ 1.

Ход работы

1. Поставь коробки на пол.
2. Положи предметы в коробки; все коробки получились разного веса.
3. Подними первую коробку до уровня талии. Подумай, какую силу нужно приложить, чтобы поднять эту коробку.
4. Поставь первую коробку на пол и подними вторую коробку до того же уровня. Какая сила требуется, чтобы поднять эту коробку?
5. Поставь вторую коробку на место и подними третью до уровня талии.



Вопрос

Для какой коробки тебе пришлось приложить максимум усилий, чтобы её поднять? Она самая тяжёлая или самая лёгкая?

ОПЫТ 2.

Ход работы

1. Возьми любую коробку и поставь её на стул.
2. Поставь коробку обратно на пол.
3. Теперь подними ту же коробку и поставь её на стол.

Вопрос

Для какого действия тебе понадобилось выполнить больше работы?

ОПЫТ 3.

Ход работы

1. Возьми коробку в руки и держи её на весу в течение одной минуты.

Вопрос

Какую механическую работу ты при этом выполняешь?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое работа?
- От каких физических параметров зависит работа?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Какой человек выполняет больше работы: тот, который из всех сил толкает неподвижную стену, или тот, который поднял с пола карандаш?
- Совершается ли работа, если ты спускаешься по склону на велосипеде?
- Совершается ли работа, когда космический корабль летит в космосе?



РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА РАБОТЫ

Работа измеряется в единицах, называемых джоули. Один **джоуль** (обозначается *Дж*) равен одному ньютому, умноженному на один метр. Математически работа вычисляется по следующей формуле:

$$W = F s,$$

где **W** – механическая работа в джоулях, **F** – сила в ньютонах, **s** – расстояние в метрах. (Обрати внимание: масса предмета присутствует в этой формуле в неявном виде: она учитывается при определении силы (ведь $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$).

Цель: определить количество произведённой работы.

Необходимые материалы: коробки, использовавшиеся в задании, которое отмечено значком лупы, пружинные весы, стол, стул, лист бумаги, ручка.

Ход работы

1. Используя весы, взвесь все три коробки из прошлого задания. Запиши вес каждой из них. Чтобы определить вес в ньютонах, каждый раз умножай полученное значение на 9,81.
2. Поставь все коробки на пол.
3. Подними все коробки на стол. Измерь и запиши высоту стола в метрах. Рассчитай и запиши работу, выполненную для каждой коробки.
4. Верни все коробки на пол. Определи, какая работа была совершена в этом случае.
5. Возьми любую из коробок. Поставь её на стул. Измерь высоту стула, рассчитай и запиши выполненную работу. Верни коробку на пол и подними её на стол. Рассчитай и запиши выполненную работу. Снова опусти коробку на пол и подними её на шкаф (или полку). Измерь высоту шкафа. Рассчитай и запиши выполненную работу. Сравни числа, получившиеся во всех трёх случаях.
6. Если хочешь, повтори задание 4 для оставшихся двух коробок.
7. Поставь коробки одну на другую и подними их все вместе на стол. Рассчитай произведённую работу.
8. Возьми любую коробку со стола. Держи её в течение 1 минуты. Рассчитай работу, произведённую тобой за эту минуту.

В каком случае показатель работы был выше? Почему? В каком задании ты вообще не выполнял работу?



Хотя эти мальчики играют, а не трудятся, они совершают физическую работу

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

урок 8



МОЩНОСТЬ Быстро выполнить работу

Что будет, если увеличить мощность?



СЛОВАРЬ:

- мощность

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- ватт
- лошадиная сила



Сколько тебе нужно времени, чтобы привести комнату в порядок? Если ты отвлекаешься и работаешь медленно, то на это может уйти целый день. Но если ты трудишься сосредоточенно, то уложишься в час или два, а в оставшееся время сможешь сделать много других дел.

Именно в этом заключается смысл такого физического параметра, как мощность: в быстроте совершения работы. **Мощность** – это отношение работы, сделанной в определённый промежуток времени, к этому промежутку времени.

Если увеличить мощность, то за одно и то же время будет выполнено больше работы, или же прежний объём работы будет выполнен быстрее, за более короткое время.

Давай рассмотрим пример. Когда ты идёшь, то выполняешь работу. Для того чтобы не спеша пройти расстояние в 500 метров, тебе понадобится приблизительно 6 минут. А на автомобиле ты проедешь это же расстояние за полминуты. Чтобы перевезти тебя на 500 метров, двигатель автомобиля проделает ту же работу, что и твои ноги. Но у двигателя гораздо больше энергии, и эту работу он сделает быстрее. Более мощный двигатель выполняет одинаковую работу за более короткое время, чем маломощный, слабый двигатель.

А если время передвижения одинаковое: и пешком, и на автомобиле ты будешь двигаться ровно 6 минут? На машине за это время ты переместишься на гораздо большее расстояние, чем пешком. Твоя масса в обоих случаях одинакова; поэтому и сила, приложенная для того, чтобы тебя сдвинуть с места, будет одинаковой. Но работа, выполненная автомобилем, будет больше, так как он переместил тебя на большее расстояние.

За одно и то же время машина выполняет больше работы, чем ты, потому что она обладает большей мощностью.

Людьми изобретены многие механизмы, мощность которых значительно превышает мощность человеческого тела. А значит, они выполняют больше работы, чем мог бы сделать человек. Это значительно улучшило нашу жизнь. Подумай, сколько сельскохозяйственных продуктов может вырастить сегодня один фермер с использованием современной техники по сравнению с тем, сколько выра-

щивалось только с помощью лошади и плуга. Подумай, как быстро эти продукты могут быть доставлены к тем, кто в них нуждается. Мощный транспорт перевозит не только грузы, но и людей в любую точку мира. Специально сконструированные механизмы добрались даже до других планет.

Бог наделил людей невероятной способностью к творчеству. Он дал нам возможность изменять мир и облегчать жизнь.



УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ

Наверное, глупо спрашивать, любишь ли ты гоголь-моголь или белковый крем. А знаешь ли ты, как приготовить эту вкуснятину? И как кулинарный рецепт относится к теме нашего урока? Давай проведём эксперимент.

Необходимые материалы: три яйца, 3–6 столовых ложек сахарного песка, три миски, вилка, механический миксер, электрический миксер, часы с секундной стрелкой или секундомер, лист бумаги и ручка.

1. Реши, чего тебе больше хочется: гоголя-моголя или белкового крема.
2. Застели стол клеёнкой и надень фартук.
3. Попроси кого-нибудь из взрослых помочь тебе отделить белки от желтков. Выложи в каждую миску по одному желтку, если хочешь приготовить гоголь-моголь, или по белку от одного яйца, если собираешься лакомиться белковым кремом.
4. Добавь в каждую миску 1–2 столовые ложки сахарного песка (одинаковое количество в каждую миску). Чем больше сахара, тем крепче будет крем, но и взбивать будет труднее.
5. Взбей смесь в первой миске с помощью электрического миксера. Засеки время, которое понадобилось для этого. Запиши его.
6. Взбей смесь во второй миске с помощью механического миксера, чтобы она стала такой же, как в первой миске. Засеки время, которое понадобилось для этого. Запиши его.
7. Возьми вилку и начни взбивать смесь в третьей миске. Если у тебя хватит сил и терпения, взбивай до такого состояния, как в первой миске. Засеки время и запиши его.
8. Спроси у мамы, можно ли тебе всё это съесть.

Вопросы

Чья мощность оказалась выше: твоих мускулов, механического приспособления или электрического мотора? Насколько выше?

Теперь ты знаешь на своём опыте, насколько мощные механизмы облегчают нашу жизнь.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Дай определение мощности.
- Как мощность механизмов влияет на нашу жизнь?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

? Почему мощность автомобиля больше мощности велосипеда?
 • Двигатель автомобиля, перемещая тебя в качестве пассажира, выполняет ту же работу, что и ты сам, перемещаясь пешком на то же самое расстояние. Тем не менее двигатель должен быть в состоянии выполнить больше работы, чем выполняешь ты при ходьбе. Почему?



ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

Поскольку мощность зависит от работы и времени, единица мощности является величиной, при которой за 1 секунду совершается работа в 1 джоуль. Назвали эту единицу **ватт** (обозначается **Вт**) – в честь английского изобретателя-механика Джеймса Уатта (Ватта). Именно он усовершенствовал паровой двигатель настолько, что он стал полезен во многих сферах человеческой деятельности. (О паровом двигателе ты можешь прочесть в пособии «Мир изобретений», урок 8).

А как измерял мощность своей машины сам Уатт? Единица мощности, которой он пользовался, продержалась в качестве одной из основных до середины XX века. Уатт назвал эту единицу **лошадиная сила** (обозначается **л.с.**).

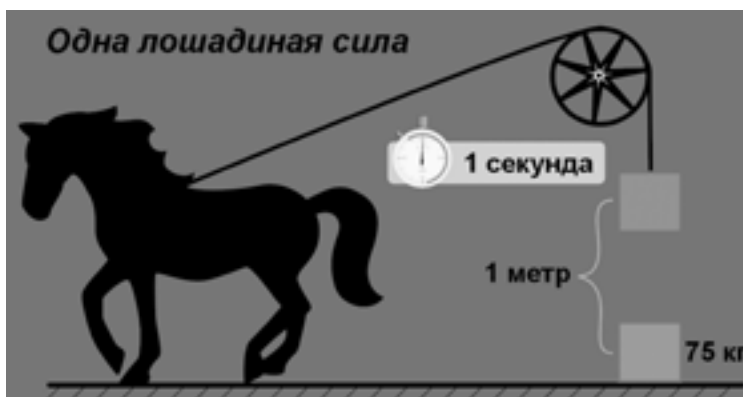
Говоря современным языком, Уатт занимался продвижением своего продукта. Он должен был убедить предпринимателей, что его изобретение намного эффективнее, чем привычные трудяги-лошади, с помощью которых работали многие механизмы того времени.

В 1770 году Джеймс предложил своему приятелю, владельцу шахты, заменить коня, который приводил в движение подъёмник, паровой машиной. Хозяин выставил условие: машина за одинаковое время не должна выполнять работу меньшую, чем лошадь. Было решено поставить эксперимент и измерить, какую именно работу сделает конь в течение дня. Собственник шахты не доверил испытания Уатту: он сам в течение 8 часов нещадно гонял бедную лошадь и довёл её до полного изнеможения. Но паровая машина выполнила в 4 раза большую работу. Это дало изобретателю возможность заявить, что мощность его машины составляет 4 лошадиные силы.

Измерив общую массу груза, поднятого лошадью за 8 часов изнурительной работы, и высоту, на которую он был поднят, Уатт рассчитал, что 1 лошадиная сила соответствует мощности механизма, поднимающего каждую секунду груз массой 75 кг на высоту 1 м.

1 лошадиная сила равна 735 Вт. Однако на самом деле для большинства коней мощность в 1 л.с. является чрезмерной нагрузкой, и обычно они её не развивают. В среднем мощность одной лошади – приблизительно половина, а при длительной нормальной работе – всего треть этого значения. Но кратковременно «живые двигатели» способны повышать свою мощность в несколько раз. Прыгая на высоту в 1 м, лошадь с массой тела 500 кг развивает мощность, равную 5000 Вт, что равно 6,8 л.с. А мощность скаковой лошади – около 10 л.с.!

Можно ли измерить мощность человека в лошадиных силах? Конечно. В среднем она составляет всего около 0,04 л.с., и очень редко у самых-самых сильных мужчин доходит до 0,25 л.с. Но в исключительных условиях на очень короткое время человек может развить и пиковую мощность до 1 л.с.



часть 2

ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Механическое преимущество – выигрыш в силе
- Наклонная плоскость и рычаг
- Три типа рычагов
- Разновидности наклонной плоскости: клинья, винты
- Разновидности рычага: колёса, шестерни, блоки

ТЕМЫ УРОКОВ

урок 9. ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ.....	42
урок 10. НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ	47
урок 11. КЛИНЬЯ И ВИНТЫ.....	50
урок 12. РЫЧАГИ.....	54
урок 13. ТРИ РОДА РЫЧАГОВ.....	59
урок 14. КОЛЁСА И ОСИ	63
урок 15. ШЕСТЕРНИ	66
урок 16. БЛОКИ	70



урок 9

ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ Работающие для нас



СЛОВАРЬ:

- **выигрыш в силе**
(механическое преимущество)



В чём мы проигрываем, получая выигрыш в силе?

Чтобы облегчить свою жизнь, люди изобрели огромное количество разнообразных механизмов. Шаг за шагом человек совершенствовал своих «помощников»: увеличивал их мощность, чтобы они могли выполнять всё больше и больше работы за определённый период времени. Чтобы можно было понять устройство и принципы работы сложных современных машин – станков, автомобилей, кухонных комбайнов и других, – нужно сначала разобраться, как работают простейшие

механизмы, которые включаются как элементы в механизмы посложнее.

Различные механические приспособления помогают нам затрачивать меньше сил для выполнения разных задач. Сэр Исаак Ньютон и другие учёные обнаружили, что между силой, работой и расстоянием существует взаимосвязь. Если одна и та же работа будет совершаться на пути разной длины, то для выполнения того же объёма работы на более длинном отрезке в каждый момент времени будет затрачиваться меньшее усилие.

Вспомни пример с туристом, взбирающимся на холм. Мы выяснили, что объём выполняемой им механической работы одинаков, независимо от того, карабкается ли он вверх по крутому склону или идёт по нему зигзагами. Если ты когда-нибудь сам поднимался на гору, то знаешь, что идти зигзагом намного проще, чем вверх по прямой. Но при этом твой путь становится гораздо длиннее. Работа выполняется такая же, какую ты затратил бы при подъёме вверх коротким, но крутым путём, но на каждый шаг затрачивается меньше сил.

Именно этот принцип лежит в основе функционирования простейших механизмов, которые мы будем изучать.



Наклонная плоскость

Итак, чтобы проще было выполнить работу, нужно увеличить расстояние – и в результате уменьшить усилие. Для этого существуют два основных вида механизмов: *наклонная плоскость* и *рычаг*. В примере с подъёмом в гору используется принцип наклонной плоскости, который позволяет *поступательно перемещать* объекты, затрачивая меньше силы. А благодаря рычагу можно с меньшим усилием *поднимать* объекты. На следующих уроках мы рассмотрим каждый из этих простейших механизмов, а также узнаем, где они применяются.

Возможность перемещения объектов с меньшей силой называется **выигрыш в силе**, или **механическое преимущество**. Но выигрывая в силе, мы «проигрываем» в расстоянии, которое увеличивается. Турист, обходивший склон по спирали или шедший по нему зигзагами, прикладывал меньшее усилие на каждый свой шаг, но прошёл гораздо больший путь, чтобы добраться до вершины. За более лёгкие шаги он «заплатил» их количеством.

Таким образом, выигрыша в работе не происходит. Не может его дать и ни один механизм. Они позволяют выиграть или в силе, или в расстоянии – но за выигрыш в чём-то одном приходится расплачиваться соответствующим проигрышем в другом. Работа же, как произведение пути на силу, остаётся неизменной.

Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии – и наоборот. Это правило настолько важно, что его называли *золотым правилом механики*.



ВЫИГРЫШ В СИЛЕ

Механизмы были изобретены, чтобы облегчить работу людей. Они помогают нам выиграть в силе, и мы в результате оказываемся способны сделать работу, которую иначе не могли бы выполнить.

Исследуй дом и улицу, где ты живёшь: попробуй определить, где используются рычаги и наклонные плоскости. Эти простейшие механизмы во многих случаях модифицированы и могут выглядеть не так, как ты ожидаешь. Наклонные плоскости используются в качестве винтов, ножей, лезвий и т.п. Рычаги – в виде колёс, шкивов и шестерёнок. Интересно, сколько из этих простейших механизмов ты сможешь узнать в инструментах и оборудовании в своём доме и на улице.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Считается, что два наиболее знаменитых объекта в древней истории были построены с использованием только простейших механизмов. Нигде нет записей о том, что во время строительства Стоунхенджа и египетских пирамид использовались машины.



Рычаг

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Какие два простейших механизма есть в каждой машине?
- Чем полезны простейшие механизмы?
- Что такое выигрыш в силе?
- Чем мы «платим» за выигрыш в силе?

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

? Когда выполняется больше работы: когда пианино затаскивают на второй этаж по наклонной поверхности, или когда его поднимают в ту же квартиру вертикально вверх?

• Для чего люди могут отказаться от использования выигрыша в силе простейших механизмов?



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА

Выбери механизм, о котором ты хотел бы узнать больше. Найди в библиотеке и в интернете информацию о нём и о том, где он применяется. Исследуй механизм, чтобы узнать, как он работает. Нарисуй схему его основной конструкции и напиши несколько абзацев, объясняющих принцип его действия.

Выясни и опиши, как в этом сложном устройстве используются простейшие механизмы, облегчающие его работу.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

АРХИМЕД

287–212 до Р. Х.

В третьем веке до Рождества Христова римская армия, представлявшая собой огромную силу, угрожала многим соседним странам. Правители древнегреческого города-государства Сиракузы на острове Сицилия решили объединиться с североафриканским государством Карфагеном – врагом Рима. Это привело к тому, что римляне выступили против Сиракуз с суши и с моря.

Римским флотом командовал консул и полководец Марк Клавдий Марцелл. Он привёл к городу шестьдесят *пентер*: гребцы на них сидели в пять рядов, один над другим. На большой скорости такой корабль мог пробить насквозь вражеское судно. Проконсул Аппий Клавдий повёл на Сиракузы сухопутное войско. Оба римских полководца считали, что они возьмут город в течение пяти дней, однако всё пошло совсем не по их планам.

Когда корабли вошли в гавань, многие из них загорелись, другие были закиданы крупными камнями и получили значительные повреждения. Погибло множество римлян.



Если же кораблям удавалось подойти к стенам города, защитники спускали со стен приспособления, которыми переворачивали вражеские суда.

Сухопутной армии досталось не меньше. Как только войска попытались перейти в наступление, со стен города, поражая врагов, полетели массивные каменные глыбы.

Римская армия быстро поняла, что не сможет завоевать Сиракузы за несколько дней, и взяла город в осаду. Но как защитники города сумели так успешно отбить штурм? Благодаря одному человеку – Архимеду. Кто же это такой?

Архимед, древнегреческий математик, геометр, физик, инженер – один из величайших учёных всех времён и народов. Известно, что родился он в Сиракузах. Его

отцом был астроном и математик Фидий, который с детства привил сыну любовь к точным наукам. Образование Архимед получил в Александрии Египетской – научном и культурном центре того времени. Здесь он усиленно работал в богатейшей библиотеке, познакомился со знаменитым астрономом Кононом и математиком Эратосфеном и вёл с ними потом научную переписку.

Окончив учёбу, Архимед вернулся в Сиракузы. О его дальнейшей жизни мы знаем из трудов известных греческих и римских историков. Но они жили много позже него, и мы не можем оценить, сколько в их описаниях фактов, а сколько – легенд о великом учёном.

Что же сделал Архимед?

Архимед-математик нашёл общий метод вычисления площадей или объёмов самых разнообразных геометрических фигур; заложил основы интегрального исчисления, которое впоследствии развил сэра Исаак Ньютон; сумел вычислить поверхность и объём шара – задача, которую до него никто решить не мог. Сейчас каждый школьник знает отношение длины окружности к диаметру. Но не каждый помнит, что это отношение вычислил именно Архимед: именно он первым определил значение числа π , которое так и называлось раньше – «архимедово число». Архимед был просто влюблён в математику. Размышляя над научной проблемой, он забывал о еде и совершенно не заботился о себе. На своём могильном камне Архимед попросил выбить шар, вписанный в цилиндр.

Архимед-физик впервые ввёл понятие плавучести. В Сиракузах были порт и верфи, где строили суда. Вопросы плавания различных объектов здесь поднимались ежедневно. Архимед поставил решение этих проблем на научную основу. В своей книге «О плавающих телах» он говорит не только об условиях плавучести, но и об устойчивости равновесия плавающих объектов, имеющих различную геометрическую форму.

Существует легенда о том, как был открыт «закон Архимеда», о котором ты узнал из 5 урока. Однажды правитель дал

ювелиру слиток золота, чтобы тот сделал ему корону. Когда мастер принёс готовый венец, он весил столько же, сколько и слиток. Но правитель всё равно подозревал, что ювелир использовал не всё золото, а подмешал туда более дешёвое серебро. Он попросил Архимеда проверить, сделана ли корона из чистого золота. Что ж, рассудил Архимед, если вес венца и слитка одинаков – должен быть одинаков и их объём. Но объём слитка измерить просто, а вот как измерить объём сложного ювелирного изделия? Архимед постоянно думал над этой проблемой. И вот однажды, решив принять ванну, он обратил внимание, что часть воды из ванны вылилась на пол, когда он в неё погрузился. Легенда гласит, что именно в этот момент великий учёный сделал своё открытие. Он так взволновался, что раздетый выскочил из ванны и побежал по улице с криками: «Эврика! Эврика!» («Нашёл! Нашёл!»).

Что же нашёл Архимед? Он заметил, что объём вытесненной воды равен объёму погружённого в воду тела; а значит, независимо от формы, он может определить объём любого объекта – погрузив его в воду и измерив объём вытесненной воды. Благодаря этому открытию Архимед смог измерить объём короны – и обнаружил, что он больше объёма слитка, выданного ювелиру. Это означало, что мастер действительно смешал золото с серебром – но, так как серебро менее плотное, чем золото, ему понадобилось взять его больше (по объёму), чем он украл золота.

Архимед-инженер прославился многими механическими конструкциями. Он развил и успешно применял теорию рычага, разработал систему рычагов, блоков и винтов для подъёма грузов. Один из созданных им инструментов используется до сих пор – это «архимедов винт». Создан он был для подъёма большого количества воды с применением малой силы. Считается, что учёный придумал этот винт во время поездки в Египет, для орошения фермерских полей.

Но как же Архимед сумел остановить римскую армию? Всё началось немного раньше, когда Сиракузы ещё не враждовали с Римом:

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ



Архимедов винт в действии

правитель попросил Архимеда построить для города защиту. Инженер согласился и создал несколько линий обороны.

Во-первых, он сконструировал большие, средние и маленькие *катапульты*, которые метали камни в корабли, входящие в гавань, и продолжали забрасывать их градом камней, когда те подходили ближе к городским стенам.

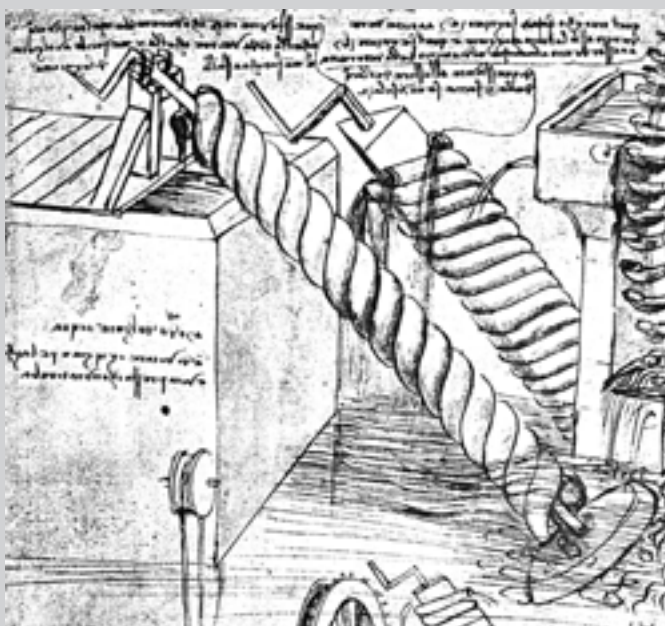
Во-вторых, одна из легенд гласит, что Архимед использовал отполированные щиты, с помощью которых отражённые солнечные лучи фокусировались в одной точке на дальнем расстоянии. Используя эти установки, он поджигал паруса вражеских кораблей.

В-третьих, если вражеский корабль всё-таки прорывался через залпы катапульт и лучи зеркальных щитов и приближался вплотную к стенам города, чтобы высадить солдат, его тоже поджидал неприятный сюрприз. За городскую стену выступал огромный рычаг, оснащённый противовесом – так называемая «лапа Архимеда». Это была уникальная подъёмная машина. Греческий историк Полибий писал: если римский корабль пытался пристать к берегу возле Сиракуз, этот механизм, управляемый специально обученным человеком, захватывал нос корабля, поднимал его вверх, и судно переворачивалось.

В-четвёртых, Архимед велел сделать в стенах бойницы, через которые защитники города могли обстреливать вражеских пехотинцев и моряков, сами при этом оставаясь в относительной безопасности.

Потери римлян были настолько велики, что им, как уже было сказано, пришлось отступить и осадить город. Осада продолжалась восемь месяцев, и город пал только потому, что там нашлись предатели, открывшие врагу ворота.

После того как Сиракузы были взяты, римским солдатам было разрешено грабить город. Неизвестно, как всё происходило дальше: существуют четыре версии гибели Архимеда. В самой известной говорится, что Архимед был занят своим обычным делом: обдумывал очередную задачу, рисуя чертежи и графики прямо на песке. Римский солдат, зайдя к нему во двор, пошёл прямо по этим рисункам. Архимед воскликнул: «Не тронь мои чертежи!». Солдат пришёл в ярость, выхватил меч и убил учёного. Во многих источниках утверждается, что Марцелл казнил этого солдата, когда узнал о смерти Архимеда.



Архимедов винт. Рисунок Леонардо да Винчи

НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ

Скольжение вверх

урок 10

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



СЛОВАРЬ:

- наклонная плоскость



Для чего нужен пандус?

На протяжении тысяч лет наклонные плоскости использовались для того, чтобы уменьшить усилия, необходимые для подъёма объектов.

Наклонная плоскость (другое название – *пандус* или *рампа*) применяется для перемещения тяжёлых предметов на более высокий уровень без их непосредственного поднятия. Ты часто видишь вокруг устройства,

действующие по принципу наклонной плоскости: пандусы (рампы), эскалаторы, обычные лестницы, конвейеры и многие другие.

Строительство египетских пирамид – один из самых ранних примеров использования наклонных плоскостей. С помощью этой технологии египтяне поднимали на большую высоту каменные блоки, колонны и статуи в сотни и тысячи килограммов. Боковые стороны пандуса и перегородки внутри него (на небольшом расстоянии друг от друга) строились из кирпича; пустоты заполнялись тростником и ветвями. По мере роста пирамиды надстраивался и пандус. Блоки по нему тащили на салазках таким же образом, как и по земле, помогая себе при этом рычагами. Чем более пологим является пандус, тем легче выполнить работу; поэтому угол наклона был незначительным: 5 или 6 градусов. Древние папирусы свидетельствуют, что один из пандусов был как минимум 384 м длиной и достигал высоты 32 м.

Подумай, сможешь ли ты поднять тяжёлую коробку с книгами с пола на стол? Это будет зависеть от того, насколько ты сильный. Но если взять гладкую доску длиной 6 метров и установить её как пандус (один конец – на край крышки стола, дру-



гой – на пол), то ты приложишь гораздо меньше усилий, толкая коробку вверх по пандусу. Для того чтобы переместить коробку на стол, тебе придётся преодолеть расстояние в 6 метров, а не в 1,5, но при этом потребуется приложить силу в 4 раза меньше.

Для того чтобы уменьшить усилие, приходится увеличить расстояние. Это оказывается полезным во многих случаях. Дорога петляет по склону горы, чтобы снизить нагрузку на двигатель автомобиля. Многоэтажные здания имеют лестницы, чтобы было легче попасть с одного этажа на другой. Представь, как было бы тяжело всякий раз карабкаться вверх по верёвке! Конечно, это сэкономило бы место в здании за счёт лестничных клеток,



Рядом с лестницей в городском парке сооружён пандус для людей, передвигающихся на коляске или несущих тяжёлый груз (Прага)

но при подъёме по верёвке пришлось бы каждый раз прилагать гораздо большее усилие.

Выигрыш в силе за счёт использования наклонной поверхности можно вычислить, разделив длину пандуса на высоту, на которую надо поднять объект. В нашем примере коробку с книгами нужно было поднять на высоту 1,5 метра. Длина пандуса составляет 6 метров, а значит, выигрыш в силе равен 4 ($6:1,5$). То есть с помощью пандуса такой длины поднять книги на стол будет в 4 раза легче, чем просто вертикально вверх. Если бы пандус был длиной 7,5 метра, то поднять коробку было бы в 5 раз легче. Чем длиннее пандус, тем больше выигрыш в силе.



Горные дороги имеют вид серпантина: чем меньше крутизна дороги, тем легче по ней подниматься



ВОЗВРАЩЕНИЕ ДОМОЙ

Представь себе человека, который живёт на 5 этаже многоэтажного дома. Чтобы попасть домой, ему надо подняться на высоту 15 метров. Жена бросает ему из окна верёвочную лестницу, но он предпочитает экономить силы и идёт по обычной, которой пользуются все



Лестница, несмотря на ступеньки, тоже является разновидностью наклонной плоскости

жильцы. Поднимаясь по лестнице, он преодолевает 8 лестничных пролётов, каждый длиной 3 м 75 см.

Сделай несколько вычислений.

1. Какова общая длина лестничных пролётов?
2. Какой выигрыш в силе получает этот человек?
3. Какой длины должен быть каждый лестничный пролёт, чтобы получить четырёхкратный выигрыш в силе?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?** • Для чего нужна наклонная плоскость?
 • Какие устройства работают по принципу наклонной плоскости?
 • Почему люди часто используют пандусы?
 • Как зависит выигрыш в силе от длины пандуса?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

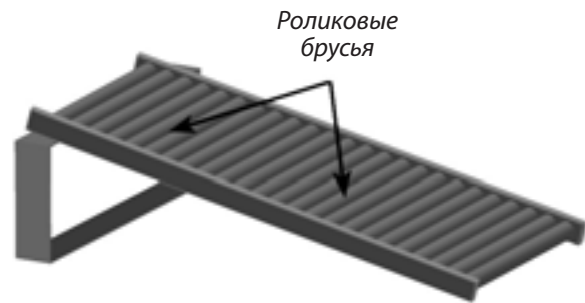
- ?** • Каким будет выигрыш в силе при длине пандуса 50 метров и высоте 10 метров?
 • Перечисли примеры использования пандусов для облегчения работы.



ПАНДУС И ТРЕНИЕ

Наклонные плоскости помогают уменьшить усилия, необходимые для перемещения объектов на различную высоту. Но эффективности пандуса мешает возникающая сила трения. Трение между поверхностью пандуса и толкаемым объектом увеличивает усилие, которое необходимо затратить на подъём этого объекта. Когда мы вычисляли идеальный выигрыш в силе, то игнорировали силу трения. Но в реальности трение всегда будет нам мешать.

Вспомни, что было сказано о трении на 6-м уроке, а также внимательно рассмотри рисунок. Возьми лист бумаги и запиши свои идеи по поводу того, как можно уменьшить силу трения, чтобы повысить эффективность пандуса.



урок 11

КЛИНЬЯ И ВИНТЫ

Разделяй и властвуй



СЛОВАРЬ:

- клин
- винт
- резьба
- болт
- шуруп
- шаг резьбы



Нужны ли нам сегодня эти простейшие механизмы?

Ты хорошо представляешь себе, как наклонные плоскости облегчают подъём грузов на высоту. Однако принцип наклонной плоскости используется и в других формах простейших механизмов.

Одна из их разновидностей – **клин**: две наклонные плоскости, основания которых соприкасаются, образуя острый край. Клинья используют, чтобы при помощи меньшей силы противодействовать большей.

Возможно, тебе приходилось видеть, как применяют клин, чтобы расколоть большие поленья дров.

Клин вставляют в трещину древесины, забивают вглубь – и полено расщепляется. Так происходит потому, что сила, приложенная к клину, умножается на выигрыш в силе наклонной плоскости. Благодаря этому клин легче проникает внутрь древесины. Идеальный выигрыш в силе, даваемый клином, равен отношению его длины к толщине на тупом конце. Правда, из-за большого трения реальный выигрыш значительно меньше. Но всё равно он оказывается достаточным, чтобы заметно увеличить наши усилия.

Клинья можно встретить во многих инструментах, которые используются для резки и расщепления. Например, топор и гвоздь – это клинья. Кроме того, режущие поверхности ножей, стамесок, ножниц тоже представляют собой клинья. Эти клинообразные кромки увеличивают выигрыш в силе: для того чтобы разрезать бумагу, ткань, дерево или другие материалы, мы затрачиваем меньше сил. Но если нож тупой, разрезать им что-либо непросто: ведь ширина его кромки практически сравнялась с общей толщиной лезвия. Исчез клин – исчез и выи-

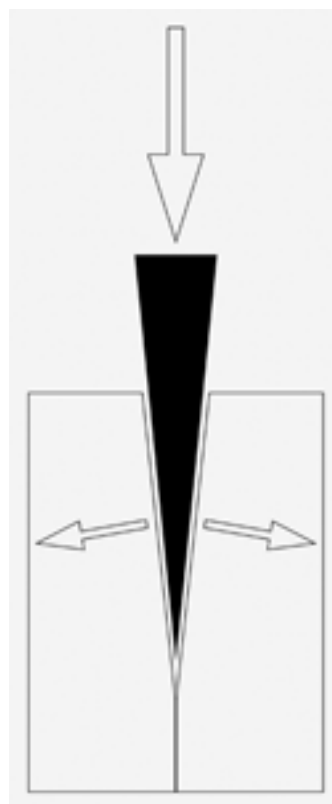


Схема работы клина

грыш в силе. Только наточив режущий край, ты снова можешь использовать преимущество наклонной плоскости.

Ещё одна модифицированная форма наклонной плоскости, которая используется ежедневно – это **винт**: цилиндр с многократно обёрнутой вокруг него наклонной плоскостью, которая называется **резьбой**.

Если винт имеет плоское основание, а его диаметр одинаков по всей длине, он называется **болт**. Болт с накручивающейся гайкой используется для скрепления плоскостей вместе. Наклонная плоскость резьбы удерживает гайку на месте, обеспечивая надёжность крепления.

Если винт с одной стороны заострён, он называется **шуруп**. Шурупы используются для вкручивания без гайки в деревянные или металлические изделия или отверстия с резьбой. Наклонные плоскости резьбы при вкручивании работают как клинья, а затем удерживают шуруп в материале.



Шуруп

Расстояние между витками наклонной плоскости винта называется **шаг резьбы**. Ты видишь на рисунках, что шаг резьбы у болта гораздо меньше, чем у шурупа. Чем больше шаг резьбы, тем больше усилий требуется для ввинчивания. Если мы вворачиваем болт или шуруп с маленьким шагом резьбы, они продвигаются за один оборот лишь

на очень небольшую глубину. Чем больше шаг резьбы, тем большее требуется усилие, но за один поворот винт продвигается глубже. Здесь тоже за выигрыш в силе приходится платить увеличением расстояния.

Рассмотри предметы, которые тебя окружают – например, мебель, бытовую технику, инструменты. Ты увидишь, что клинья и винты используются практически повсюду. Эти простейшие механизмы делают нашу жизнь легче.



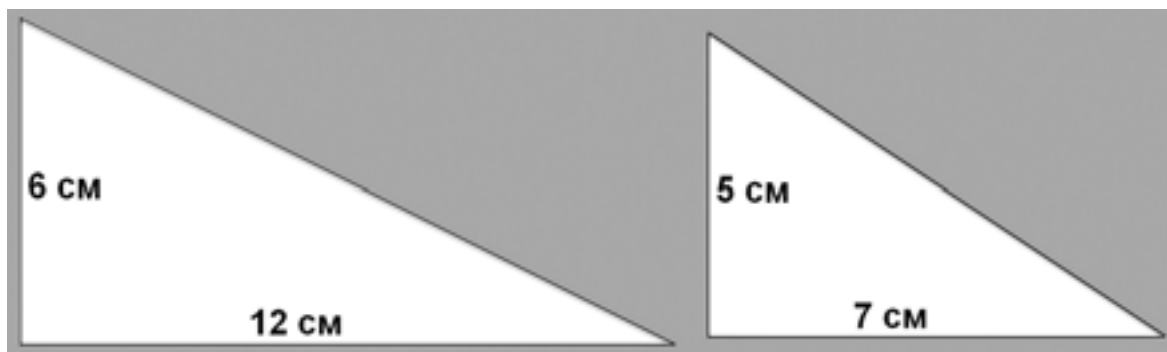
ПРИНЦИП РАБОТЫ ВИНТА

Цель: рассмотреть устройство винтов на моделях.

Необходимые материалы: бумага, линейка, ножницы, 2 карандаша.

Ход работы

1. Вырежи из бумаги два прямоугольных треугольника. Один из них сделай с основанием 7 см и высотой 5 см, а второй – с основанием 12 см и высотой 6 см. У тебя получились два изображения наклонных плоскостей.



2. Выдели край каждой наклонной плоскости, проведя карандашом или фломастером вдоль неё линию шириной 0,5 см. Какой выигрыш в силе может дать каждая из них? Помнишь, что выигрыш в силе наклонной плоскости – это отношение длины к высоте пандуса? А как вычислить длину гипотенузы – тоже помнишь из школьного курса геометрии? Если не помнишь, просто измерь длину получившихся наклонных плоскостей линейкой.

3. Положи меньший треугольник короткой стороной к себе так, чтобы полоса, отмечающая наклонную плоскость, оказалась на нижней стороне бумаги. Положи на короткую сторону карандаш так, чтобы его тупая часть совпала с прямым углом треугольника. Намотай треугольник на карандаш. Если сделаешь это аккуратно, тёмная полоса будет напоминать резьбу винта.

4. Сделай то же самой с другим треугольником и другим карандашом. Сравни расстояние между тёмными полосками на карандашах.

Вопросы

- У какого карандаша «шаг резьбы» уже, у какого – шире?
- У какого «шага резьбы» больше выигрыш в силе?
- Если бы это были настоящие винты, какой из них сделал бы больше оборотов?
- Если бы это были настоящие винты, какой из них было бы труднее ввинтить в дерево?



ПРИМЕНЕНИЕ КЛИНЬЕВ

Цель: оценить преимущества клина.

Необходимые материалы: карандаши, плотный картон.

Ход работы

1. Попробуй проткнуть картон тупым концом карандаша. Вряд ли тебе это удастся. Ты помнёшь картон, возможно, сделаешь на нём вмятину, но не проткнёшь его.

2. Теперь переверни карандаш и попытайся проткнуть картон заострённым концом. Так проткнуть картон гораздо легче, потому что заострённый конец грифеля имеет форму клина. Это концентрирует усилие в одной точке и позволяет карандашу проткнуть отверстие.

3. **Под присмотром взрослых** внимательно рассмотри несколько инструментов, имеющих режущую кромку. Не прикасаясь к острому краю, посмотри, как из наклонных плоскостей образуется клин. Процесс разрезания облегчается благодаря именно этим наклонным плоскостям.



Каменный нож человека Ледникового периода и современный клинок схожи в главном: их режущая кромка, сужаясь, представляет собой клин



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Что такое клин?
 - В каких инструментах используются клинья?
 - Что такое винт?
 - Как используются винты?
 - Что такое шаг резьбы?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Какой шуруп легче вкрутить в деревянную доску: тот, у которого 10 оборотов резьбы на 3 см, или у которого 15 оборотов на 3 см?
 - Какой из этих шурупов быстрее ввинтится в доску (при условии, что у тебя достаточно сил, чтобы их ввинтить)?
 - Назови как минимум два предмета/инструмента, которые имеют клинья, но не были упомянуты на этом уроке.



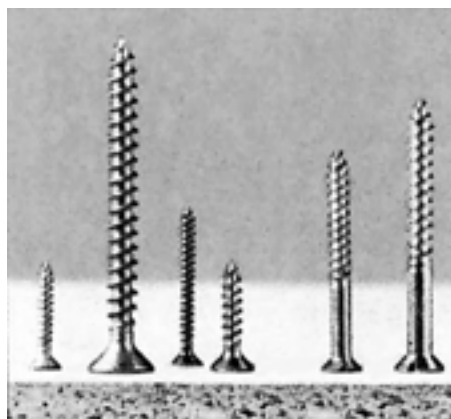
СРАВНЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Цель: сравнить шурупы с различным шагом резьбы.

Необходимые материалы: 3–4 шурупа с различным шагом резьбы, небольшая деревянная доска, отвёртка, рулетка, лист бумаги, ручка.

Ход работы

1. Рассмотрите каждый шуруп. Расположите их в порядке возрастания шага резьбы.
2. Измерьте длину каждого шурупа и запишите полученные значения на листе в столбик.
3. С помощью отвёртки вкрутите шурупы в доску на небольшом расстоянии друг от друга, провернув каждый десять раз. **Будь осторожен, чтобы не поранить руку!** Какой шуруп было легче вкручивать? Какой сложнее?
4. Измерьте, какая часть каждого шурупа остаётся над доской. Запишите полученные результаты. Разница между длиной всего шурупа и длиной его оставшейся снаружи части – это расстояние (глубина), на которое шуруп вошёл в доску. Какой из двух шурупов вошёл глубже? Этот шуруп тебе было легче или сложнее вкручивать по сравнению со вторым?
5. Что ты можешь сказать об отношении между шагом шурупа и тем, насколько легко его было ввинчивать? А между шагом шурупа и глубиной его вкручивания?



МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6



урок 12

РЫЧАГИ Точка опоры



СЛОВАРЬ:

- рычаг
- плечо
- точка опоры
- сопротивление
- нагрузка

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- момент сил
- правило моментов



Как рычаг обеспечивает выигрыш в силе?

Как люди строят небоскрёбы и перемещают тонны пород в шахтах? Ведь они недостаточно сильны, чтобы самим двигать и поднимать такие тяжести. Бог не дал нам столько сил, чтобы поднять тонну угля, но Он подарил нам смекалку и воображение, чтобы мы могли проектировать механизмы, способные помочь нам выполнить эту работу.

Ты уже знаешь, как наклонные плоскости облегчают перемещение грузов, разрезание различных материалов и даже скрепление деталей между собой. Второй простейший механизм, дающий людям выигрыш в силе, — это рычаг.

Рычаг — жёсткий стержень, который может свободно поворачиваться относительно неподвижной точки, называемой **точкой опоры**. Он даёт выигрыш в силе, позволяя применять силу на расстоянии. При этом действует тот же принцип,

что и при использовании наклонной плоскости: чем длиннее рычаг, тем меньше силы нужно прикладывать. Ты, вероятно, качался на качелях, сделанных из доски, закреплённой на неподвижной опоре в центре? Это — пример рычага.

Чтобы понять, как работают рычаги, нам нужно определиться с терминами и рассмотреть несколько примеров. Отрезок стержня рычага от точки опоры до точки приложения силы называется его **плечом**. Вес, который необходимо поднять, называют **нагрузкой**, а сила, которая прилагается, чтобы поднять груз, называется **усилие**.

Эти термины легче понять на примере. Вспомни о качелях. Доска, на которой качаются, — это плечи рычага. Ось, вокруг которой вращаются плечи, — это точка опоры. Твой приятель, который сидит на противоположном конце качелей, — это нагрузка, а твой вес — усилие, прилагающееся для преодоления нагрузки.

Если точка опоры находится в центре (то есть плечи рычага одинаковой длины), и вы с другом весите одинаково, то вы будете балансировать. Нагрузка веса твоего приятеля и усилие твоего веса равны и применяются на равных расстояниях от точки опоры. Поэтому усилия рычага сбалансированы. Отталкиваясь ногами от

земли, вы по очереди будете приподниматься вверх, а затем снова уравнивать друг друга.

Но если с другой стороны сидит не твой ровесник, а старший брат или взрослый человек, и он, конечно, крупнее тебя, тогда ты поднимешься вверх, а он останется внизу. Чтобы балансировать на таких качелях, твой напарник должен придвинуться к середине, ближе к точке опоры. Тогда твоё усилие будет прилагаться на большем расстоянии до точки опоры,



большим расстоянием. Если точка приложения усилий находится в четыре раза дальше от точки опоры, чем нагрузка, которую нужно поднять, то потребуется в четыре раза меньше усилий, чтобы преодолеть сопротивление груза. Например, если ты хочешь поднять камень весом 100 кг, можно положить небольшой камень на расстоянии примерно 30 см от большого (он будет точкой опоры); затем взять длинную прочную палку, положить её на маленький камень, а конец палки поместить под большой. Получится рычаг. Если длины палки хватит, чтобы можно было отойти от маленького камня на 120 см, то ты сможешь поднять большой камень, приложив усилие в 25 кг вместо 100.



Гаечные, разводные, трубные (газовые) ключи – это инструменты, применяющие принцип рычага для откручивания болтов, гаек, трубок с резьбой

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Рычаг даёт ещё один выигрыш: он позволяет изменить направление приложения силы. Чтобы поднять груз, его нужно не тянуть вверх, а давить на рычаг вниз. Часто это оказывается более удобно.

чем нагрузка с обратной стороны. В результате ты получишь выигрыш в силе, и качели уравниваются.

Чтобы с помощью рычага поднять тяжёлый вес с меньшим усилием, груз следует поместить рядом с точкой опоры, а усилие прилагать на



В плотницком молотке принцип рычага используется для выдёргивания гвоздей

Ты знаешь, что плата за выигрыш в силе – увеличение расстояния. В случае с рычагом увеличение дистанции означает не только то, что усилие нужно прилагать на расстоянии, но и то, что расстояние плеча, к которому мы прилагаем усилие, должно быть больше расстояния плеча, на котором располагается

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ



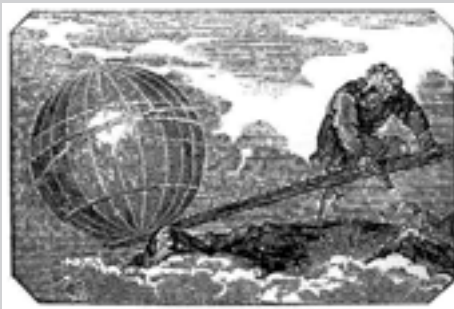
нагрузка. Для четырёхкратного выигрыша в силе расстояние с твоей стороны должно быть в 4 раза больше. Ты опускаешь своё плечо рычага вниз на 2 метра, но при этом груз поднимается всего на 0,5 метра: это плата за снижение усилий в 4 раза.

Человек стал использовать рычаг очень давно, интуитивно осознав принцип его действия. Так появились вёсла, рычажные весы, колодцы с «журавлём». Первое научное описание работы рычага дал Архимед, и ты уже знаешь, как успешно он применял

рычаги для защиты своего родного города. Архимед связал понятия силы, груза и плеча и сформулировал закон равновесия рычага, который используется и сейчас.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

По легенде, осознав значение открытия закона равновесия рычага, Архимед воскликнул: «Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю!» Поскольку масса Земли огромна, для этого потребовался бы невероятно длинный рычаг. Теоретически, можно поднять любой вес – нужен только рычаг соответствующей длины. Но на практике очень длинный рычаг невозможно было бы использовать: он сломался бы под силой собственной тяжести.



Гравюра из «Журнала механики», вышедшего в Лондоне в 1842 году, изображает Архимеда, переворачивающего Землю с помощью рычага.



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С РЫЧАГОМ

Цель: понять, как работает рычаг.

Необходимые материалы: метровая деревянная линейка, деревянный брусок, небольшая тяжёлая коробочка.

Ты сможешь оценить пользу рычага, проведя пару простых экспериментов. Сначала тебе нужно сделать рычаг. Используй жёсткую линейку в качестве стержня. Деревянный брусок будет точкой опоры. Наполни небольшую коробку песком или камешками, чтобы она стала заметно тяжелее. Используй её в качестве нагрузки.

ОПЫТ 1.

Ход работы

1. Установи точку опоры в центре линейки (на уровне 50 см).
2. Помести коробку на одном конце линейки.
3. Нажми на другой конец и приподними коробку.
4. Теперь перемести точку опоры так, чтобы она составляла 30 см от коробки, и нажми вниз на плечо рычага со своей стороны, чтобы поднять груз. Стало легче или труднее поднимать коробку?
5. Перемести точку опоры на 15 см от коробки. Легче или труднее поднять коробку на этот раз?



6. Попробуй поместить точку опоры на расстоянии 70 см от коробки. Нажми на рычаг со своей стороны. Труднее ли стало приподнять коробку в этот раз?

ОПЫТ 2.

Ход работы

1. Установи точку опоры на 15 см от коробки. Измерь высоту, на которую поднимается противоположный конец рычага.
2. Нажми на рычаг. Измерь, на какую высоту поднимается плечо, на котором находится коробка. Какой конец рычага поднимается выше?
3. Повтори эти измерения с точкой опоры, установленной на расстоянии 30 см, 45 см и 60 см от коробки.

Вопросы

- Как каждый раз изменяется расстояние от точки опоры до твоей руки?
- Можешь объяснить, почему ты предпочтёшь поместить точку опоры на маленьком расстоянии от коробки?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое рычаг?
- Каким образом рычаг обеспечивает выигрыш в силе?
- Объясни значение терминов: плечо рычага, нагрузка, усилие, точка опоры.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Подумай и приведи пример применения большой силы на коротком расстоянии, для того чтобы переместить объект на большее расстояние.
- Когда ты выполняешь меньше работы: поднимая груз с использованием рычага или без него?



РАВНОВЕСИЕ РЫЧАГА

Физический закон равновесия рычага впервые был описан Архимедом. В XVII веке французский математик и механик Пьер Вариньон немного уточнил его, введя понятие *момента сил*. Поэтому по-другому этот закон называют сейчас *правилом моментов*.

Момент сил – это векторная физическая величина, характеризующая вращательное действие силы на объект. Для самых простых случаев, когда сила прилагается перпендикулярно рычагу, момент силы определяют как произведение величины этой силы на длину плеча рычага (то есть на расстояние от точки приложения силы до точки опоры).

Правило моментов – это условие равновесия объекта, имеющего закреплённую ось вращения. Оно гласит, что рычаг находится в равновесии, если момент силы, вращающей его по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей его против часовой стрелки. Математически это правило выражается формулой:

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ



$$F_1 l_1 = F_2 l_2,$$

где F – это сила, приложенная к плечу рычага, l – длина плеча рычага. То есть вес, умноженный на расстояние до точки опоры с одной стороны рычага, равен весу, умноженному на расстояние до точки опоры с другой стороны рычага. Если нужно поднять вес в два раза тяжелее, применяя то же усилие, нужно отодвинуться в два раза дальше от точки опоры.

Вычислить выигрыш в силе рычага можно по формуле:

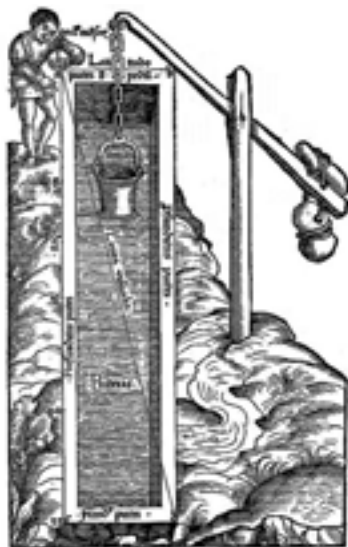
$$l_2 / l_1,$$

где l_1 – расстояние сопротивления до точки опоры, а l_2 – расстояние усилия до точки опоры.

Теперь реши несколько задач.

1. Девочка весом 300 ньютонов сидит на качелях в 3 метрах от точки опоры. На каком расстоянии от точки опоры нужно сесть мальчику весом в 450 ньютонов, чтобы уравновесить качели?
2. Владельцу магазина необходимо поднять на полку ящик с книгами, который весит 150 ньютонов. У него есть рычаг длиной 4 метра, и он может применить силу в 50 ньютонов. Где должна быть размещена точка опоры, чтобы можно было поднять книги?
3. Статую весом 900 ньютонов нужно поднять на пьедестал. У рабочих есть рычаг длиной 5 метров и точка опоры в 2-х метрах от статуи. Какую силу нужно применить рабочим, чтобы поднять статую?

Посчитай в каждой задаче выигрыш в силе, который даёт применение рычага.



Колодезный журавль тоже является рычагом. Внимательно рассмотри его изображения и определи, как именно с его помощью достают воду из колодца

ТРИ РОДА РЫЧАГОВ Ты какого рода?

урок 13



СЛОВАРЬ:

- рычаг первого рода
- рычаг второго рода
- рычаг третьего рода

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- биомеханика

Чем отличаются друг от друга различные рычаги?



Рычаги классифицируются в зависимости от приложения точки действия сил (усилия и нагрузки) относительно точки опоры.

Все рычаги, которые мы рассматривали до сих пор, имели точку опоры между точками приложения усилия и точкой нагрузки. Такой рычаг называется **рычагом первого рода**. Эти рычаги на протяжении тысячелетий использовались для перемещения тяжёлых предметов. На прошлом уроке ты увидел преимущество расположения точки опоры ближе к нагрузке.



Хотя рычаг первого рода является наиболее известным, это не единственный вид рычагов. У **рычага второго рода** точка опоры находится на одном конце, нагрузка – посередине, а усилие прилагается к другому концу.



В этом случае усилие направлено вверх (поднятие), а не вниз (нажатие). Наиболее известный рычаг второго рода – это тачка. Колесо – это точка опоры, нагрузка находится посередине, а усилие прилагается на ручке, когда мы тачку поднимаем.

Существует и **рычаг третьего рода**. С одной стороны он имеет точку опоры, на противоположной стороне – нагрузку, а усилие прилагается между ними, ближе к точке опоры. Данный род рычага ты используешь постоянно, даже не замечая

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



этого: по этому принципу работает твоя рука. Локоть – это точка опоры; мышцы, прикреплённые немного ниже, – это применяемое усилие, для того чтобы переместить предплечье и кисть. А вес предмета, который ты держишь пальцами кисти, – это нагрузка, которая перемещается.



Лопата и клешня лобстера – рычаги третьего рода

В случае с рычагами первого и второго родов выигрыш в силе – явный: для перемещения груза требуется меньше усилий, хотя силу приходится прикладывать на некотором расстоянии. Преимущества рычага третьего рода не так очевидны. В его случае, для того чтобы переместить нагрузку, приходится приложить силу, превышающую вес этой нагрузки. Однако, проигрывая в силе, взамен мы получаем выигрыш в расстоянии. Перемещая точку опоры (в нашем примере – место крепления мышц) на маленькое расстояние за короткий промежуток времени, мы одновременно перемещаем плечо рычага, испытывающее нагрузку (кисть руки с зажатым в ней предметом), на гораздо большее расстояние за тот же временной отрезок. Это имеет большое преимущество для нашего тела, так как даёт нам большую амплитуду движений.

Рычаги используются повсюду. Но они не всегда выглядят так, как мы ожидаем. Мог ли ты подумать, что тачка – это тоже рычаг? Посмотри внимательно вокруг. Сможешь найти другие рычаги?



КЛАССИФИКАЦИЯ РЫЧАГОВ

Ты уже знаешь, что множество инструментов и механизмов включают в свой состав рычаги. Давай попробуем разобраться в них.

Возьми 3 листа бумаги для принтера и разрежь каждый на 4 одинаковых части. У тебя получилось 12 карточек. Вырежи из старых журналов изображения или нарисуй на каждой карточке такие инструменты и механизмы:

- ножницы
- пинцет
- щипцы-орехокол
- лом
- тачка
- катапульта
- лопата
- коромысло
- шлагбаум
- гаечный ключ
- дверь (дверная петля)
- самосвал с поднятым кузовом

Для каждого из этих предметов пометь точку опоры, точки приложения усилия и нагрузки. Нарисуй стрелками направление приложения сил. Определи род рычага для каждого инструмента или механизма и, в соответствии с этим, разложи карточки по трём стопкам.

Проверь себя, отыскав соответствующую информацию в библиотеке или интернете.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Опиши взаимное расположение усилия, нагрузки и точки опоры в каждом виде рычагов.
- Какой рычаг даёт возможность поднимать грузы с меньшим усилием?
- Какой рычаг позволяет с большим усилием перемещать груз на большее расстояние?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- У каких рычагов выигрыш в силе меньше 1, а у каких больше 1?
- Какой рычаг ты будешь использовать при обрезке ветвей дерева?
- К какому роду рычагов относится карандаш? Какое преимущество даёт он тебе?



РЫЧАГИ ТВОЕГО ТЕЛА

Мы уже говорили, что твоя рука работает как рычаг третьего рода. Человеческое тело тоже подчиняется физическим законам, утверждённым Творцом мира. Кости скелета в сочетании с мышечными сокращениями при наших движениях действуют подобно механическим рычагам. Гениальный механик и художник эпохи Возрождения Леонардо да Винчи писал: «Пусть книга о началах механики предшествует твоим исследованиям человеческого тела, дабы ты мог каждое положение анатомии объяснить с геометрической ясностью».

Современная наука, изучающая устройство и функционирование органов движения человека и животных, носит название **биомеханика**. С точки зрения биомеханики, человеческое тело представляет целую цепь подвижных звеньев, подчинённых основным законам механики. Мышцы и костный аппарат выполняют такие движения: сгибание, разгибание, отведение (наружу), приведение (внутри), вращение или ротация (поворот внутрь и наружу). Исследования и достижения биомеханики применя-



Мы движемся благодаря тому, что всё наше тело работает как сложная система рычагов. Автор рисунка: Генрих Лаутенц (1522–1590)

ются, например, при разработке упражнений лечебной физкультуры или систем рукопашной самообороны без оружия.

По закону рычага первого рода происходят движения головы и позвоночника. *Центр тяжести* головы находится впереди точки опоры, и её вертикальное положение удерживается мышцами затылка и шеи. Когда они расслабляются, голова под действием силы тяжести «падает» вперёд. Так бывает, когда кто-нибудь засыпает сидя: говорят, что человек «клюёт носом».

Когда люди сгибают, наклоняют, поворачивают голову или туловище, возникает разница в моментах сил и происходит выведение рычагов нашего тела из состояния равновесия. При неравномерном изменении мышечной силы и силы тяжести костного звена возникает нарушение равновесия рычагов, а проявляется это нарушениями осанки.

Движения конечностей происходят преимущественно по закону рычагов второго и третьего рода. Например, движение стопы при подъёме тела на носки (второй род) и сгибание локтевых и коленных суставов (третий род).

Знание особенностей биомеханики мышц и костей позволяет врачу назначить соответствующий комплекс лечебной гимнастики (например, при переломах и растяжениях), а также выбрать оптимальные исходные положения для выполнения физических упражнений.

Создатели систем самообороны без оружия также изучают биомеханические рычаги. Вот что пишет в своей книге А. А. Кадочников:

«В рукопашном бою силой, совершающей работу, является прикладываемое к противнику усилие, а противодействующей силой – усилие противника. Для преодоления противодействующей на рычаге силы необходимо либо увеличить силу, совершающую работу, либо изменить длину плеча, через которое совершается работа. Поскольку силовые возможности почти всегда ограничены, а бой может вестись со значительно превосходящим по силам противником, то основным способом работы с помощью рычагов является перемещение точки опоры. В качестве точки опоры могут использоваться любые части тела (своего и противника), а также оружия и подручных средств».



КОЛЁСА И ОСИ

Без ограничений в расстоянии

урок 14



СЛОВАРЬ:

- ось
- кабестан



Чем колёса и оси выгоднее обычного рычага?

На прошлом уроке ты узнал о трёх типах рычагов. Все они способны облегчить подъём или перемещение грузов лишь на небольшом расстоянии. Лезвия ножей могут раздвигаться только на несколько сантиметров. Дверь – немного дальше. Даже катапульта перемещает груз только на ограниченное расстояние. Однако ты очень хорошо знаешь модификацию рычага, которая позволяет перемещать грузы на неограниченные расстояния. Это **колесо**.

Для того чтобы колесо могло работать, оно должно быть надето на **ось** – деталь, которая соединяет и скрепляет другие детали механизмов. Колесо на оси, применяемое различными способами, в одних случаях способно давать нам выигрыш в силе, а в других – выигрыш в расстоянии.

Один из вариантов – это водяное колесо, которое в недавнем прошлом широко использовалось в промышленном производстве. Сила воды, падающей на лопасти наружной поверхности огромного колеса, преобразовывалась в силу, с помощью которой перемещались различные предметы – например, жернова для перемалывания зерна. До появления электричества водяные колёса (такие, как на фотографии в начале урока) использовались на водяных мельницах, лесопильных заводах, швейных фабриках и во многих других отраслях.

Яркий пример того, как комбинация колеса и оси увеличивает выигрыш в силе, – это рыболовная катушка. Сама катушка, имеющая незначительную ширину, – это плечо нагрузки. Ручка – это плечо усилия. Оба эти плеча вращаются вокруг центра оси. При этом усилие прикладывается дальше от точки опоры: ручка длиннее, чем ширина катушки. Это даёт возможность накручивать леску с рыбой, прилагая меньшие усилия. Чем длиннее ручка относительно ширины катушки,



Катушка спиннинга

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
5 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



тем больше выигрыш в силе, и тем больше оборотов нужно сделать, чтобы вытащить свой улов.

Движущая часть велосипеда представляет собой две видоизменённых комбинации «ось – колесо». Есть большие колёса, на которых ты катишься по дороге, а есть маленькие, с помощью которых усилие твоих ног передаётся большим колёсам. Первое из маленьких колёс соединено с педалями. Второе, меньшее по размеру, чем первое, – с задним колесом велосипеда. Между собой они соединены цепью. За счёт этого достигается выигрыш в силе. При вращении педалей усилие прилагается на большем расстоянии, чем нагрузка. Благодаря этому сравнительно небольшие движения ног позволяют перемещать твой вес вместе с весом велосипеда на большие расстояния.



Цепная передача

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Кабестан (*шпиль*) – вращающийся механизм с вертикальной осью, который используется для перемещения грузов, подтягивания кораблей к причалу, подъёма якоря. Традиционно кабестаны на судах строили с ручным приводом. Они состояли из вертикального барабана, по краям которого вставлялись длинные ручки – *вымбóвки*, – чтобы его можно было вращать. На оси закрепляли цепь, на другом конце которой был якорь. При вращении барабана цепь наматывалась на ось, и якорь поднимался. На суше аналогичные приспособления использовались для перемещения тяжёлых грузов в гору или для их подъёма из шахты.



Колёса и оси – это чрезвычайно полезные приспособления, широко используемые для повышения выигрыша в силе или для увеличения скорости и пройденного расстояния. Кроме того, колёса дают дополнительное преимущество: они уменьшают трение между объектом, который перемещается, и поверхностью, по которой он движется. В каждый отдельный момент времени колесо соприкасается с поверхностью очень кратко, поэтому возникающее трение гораздо слабее,

чем, например, при скольжении, когда поверхности соприкасаются между собой продолжительное время.

Ты понял, почему колесо – это одно из самых важных изобретений в истории человечества?



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛОСИПЕДА

Внимательно рассмотри педали велосипеда. Измерь расстояние от педалей до центра оси, вокруг которых они вращаются, затем измерь расстояние от цепи до центра оси. В чём преимущество педалей и цепи?

Теперь рассмотри заднее колесо велосипеда. Измерь расстояние от края колеса до центра оси. В чем механическое преимущество заднего колеса? Эти взаимоотношения между частями велосипеда позволяют перемещаться на большие расстояния по сравнению с движениями ног на педалях.



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Усложнённым вариантом каких простейших механизмов являются колёса и оси?
 - Каким образом колёса и оси дают выигрыш в силе?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Рычагом какого рода может являться колесо?
 - Чем гончарный круг облегчает работу гончару?



ТРЕНИЕ КАЧЕНИЯ

Каждая точка колеса касается земли только в течение короткого времени, а затем поднимается. Поэтому в этой точке действует трение качения. Оно меньше, чем трение скольжения. По этой причине перевозить грузы на колёсах легче, чем тащить.

Цель: сравнить трение качения и трение скольжения.

Необходимые материалы: сковородка, тканая резинка 0,6–1 м, карандаши (круглые, без граней).

Ход работы:

1. Попроси у мамы большую сковородку с отверстием на конце ручки. Продень резинку в это отверстие и завяжи концы, чтобы образовалась петля.
2. Поставь сковородку на ковёр и немного протащи её. Обрати внимание, легко ли тебе это делать и насколько растягивается резинка.
3. Положи на ковёр несколько карандашей так, чтобы они располагались близко друг к другу. Теперь попробуй протащить сковородку поверх карандашей. Посмотри, как в этом случае растягивается резинка. Она должна растянуться меньше, чем когда ты тащил сковородку непосредственно по ковру.
4. Положи в сковородку какой-нибудь груз и повтори эксперимент.

Выводы: Ты заметишь существенную разницу в том, сколько сил требуется, чтобы протащить объект непосредственно по ковру, и сколько – с помощью карандашей. Такие приспособления – их называют *катки* – часто используют при передвижении грузов. Вспомни роликовый пандус из урока 10.

Ради интереса выясни, как появились колёса со спицами.



урок 15

ШЕСТЕРНИ Соединённые вместе



СЛОВАРЬ:

- шестерня
- передача
- цилиндрическая передача
- коническая передача
- реечная передача
- червячная передача
- цепная передача



Какие бывают виды передач?

Рассматривая на прошлом уроке велосипед, ты заметил, что колёса, которые приводят в движение цепь, представляют собой диск с зубцами. Такое зубчатое колесо называется **шестернёй**. Цепь приводит в движение вторую шестерёнку, которая, в свою очередь, прикреплена к заднему колесу. Велосипед – это пример того, как несколько простых механизмов – колёс и шестерёнок, – соединяясь, образуют устройство, которое преобразует простой толчок ноги в поступательное движение.

Шестерни – это один из важнейших видов простых механизмов. Они используются почти во всех машинах. Благодаря зубчатому краю шестерни могут приводить друг друга в движение.

Находящиеся в сцеплении шестерни вращаются за счёт того, что каждый **зуб** (выступ) *ведущей шестерни*, соединённой с двигателем, при вращательном движении сдвигает один зуб второй, *ведомой шестерни*. У шестерней разного размера – различное количество зубов. Поэтому вращаются они с разной скоростью. Например, если у ведущей шестерни 10 зубов, а у ведомой – 40, то за один оборот ведомая будет поворачивать ведущую только на $\frac{1}{4}$ оборота.

Шестерёнки используются для того, чтобы передавать выигрыш в силе от одной части машины к другой. В паре из двух шестерён, сцепленных друг с другом, маленькая вращается быстрее, а большая обладает большей силой. Таким образом, сила и скорость могут преобразовываться в зависимости от комбинации применяемых шестерён.

Посмотри на изображения соединённых вместе шестерёнок. Если приложить силу к большей шестерне, то меньшая будет вращаться с большей скоростью, но с меньшей силой. Механическое преимущество преобразуется в скорость. С другой стороны, если сила применяется к меньшей шестерне, то большая шестерня будет вращаться с меньшей скоростью, но с большей силой. Скорость преобразуется в выигрыш в силе.

Работающие вместе большие и маленькие шестерни могут изменять скорость машины, а также ускорять или замедлять вращение деталей, передавая выигрыш в силе от колёс. Эту задачу выполняет **передача** (*трансмиссия*) – механизм, включающий в себя набор шестерён и передающий энергию от двигателя к той части, которая совершает полезную работу. Для того чтобы скорость увеличилась, передача приводит в движение шестерни с меньшим диаметром, при этом та же самая сила двигателя позволяет увеличить скорость вращения колёс – за счёт уменьшения силы, с которой они вращаются.

Шестерни могут также использоваться для изменения направления силы.

В зависимости от расположения осей вращения шестерёнок выделяют различные виды передач.

Соединение двух шестерён, имеющих параллельные оси вращения, называется **цилиндрической передачей**. Если одна шестерня вращается по часовой стрелке, то вторая – против часовой, изменяя тем самым направление вращения в одной плоскости. Если нужно изменить скорость, но направление вращения должно быть сохранено, то к механизму добавляют ещё одну, третью, шестерню. Она будет вращаться в том же направлении, что и первая.

Если оси вращения шестерёнок расположены под углом друг к другу, это называется **коническая передача**. В этом случае направление движения будет меняться с горизонтального на вертикальное и наоборот.

Реечная передача состоит из ведущего зубчатого колеса (шестерни) и зубчатой рейки, которая движется вперёд – назад, или вверх – вниз при вращении шестерни. Такое соединение преобразует вращательное движение в линейное (*поступательное*) и наоборот. Реечная передача используется в качестве рулевого механизма во многих автомобилях.

Ещё один тип передачи – **червячная передача**, которая состоит из вращающегося зубчатого колеса и червяка (специального винта). Такое соединение обладает способностью к самоторможению, поэтому широко применяется, например, в лебёдках.

Часто в виде червячной пары изготавливаются колки музыкальных инструментов, с помощью которых регулируется натяжение струн.

Цепная передача тебе уже известна по устройству велосипеда. Энергия от одной шестерни к другой в этом случае передаётся при помощи гибкой замкнутой цепи. С её звеньями входят в зацепление зубья обеих шестерёнок. Цепная передача сама по себе не даёт выигрыша в силе, а только передаёт вращательное движение на некоторое расстояние (чтобы не делать длинной цепочки шестерён). Если цепная передача соединяет большую и маленькую шестерни, то выигрыш в силе происходит такой же, как если бы эти две шестерни были непосредственно сцеплены друг с другом.

Шестерни используются почти в каждом механизме. Их применение очень разнообразно. Глядя на них, не сразу и сообразишь, что они, как и колёса, представляют собой видоизменённые рычаги.



Типы передач



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ШЕСТЕРНЯМИ

Цель: понять, как работает шестерня.

Необходимые материалы: 2 листа картона, клей, контуры шестерёнок, прямые булавки с головками.

Сделай ксерокопию страницы 69 с изображением контура шестерёнок. Наклей сделанную копию на лист картона. Вырежи по контурам шестерёнки и рейку. В центр каждой шестерни воткни булавку: она будет выполнять роль оси. Теперь ты можешь закреплять шестерни на другом куске картона, чтобы проводить опыты.

Задание 1

1. Расположи шестерни А и Б рядом друг с другом, чтобы они сцепились.
2. Поверни шестерню А и посмотри, как приходит в движение шестерня Б. Обрати внимание на скорость её движения. Она двигается быстрее или медленнее, чем А?
3. Теперь поверни шестерню Б и наблюдай, как будет двигаться шестерня А: быстрее или медленнее, чем Б?
4. Если ты захочешь ускорить вращение колёс на велосипеде, какую шестерню надо использовать: маленькую, чтобы привести в движение большую, или большую, чтобы привести в движение маленькую?

Задание 2

1. Добавь к соединению шестерню В.
2. Поверни шестерню А и посмотри, в каком направлении двигается каждая шестерня.

Задание 3

1. Помести рядом с шестернёй А зубчатую рейку. Поверни шестерню А. Как при этом двигается рейка?
2. Поменяй местами шестерни А и Б. Посмотри, как теперь двигается рейка. Что изменилось?

Задание 4

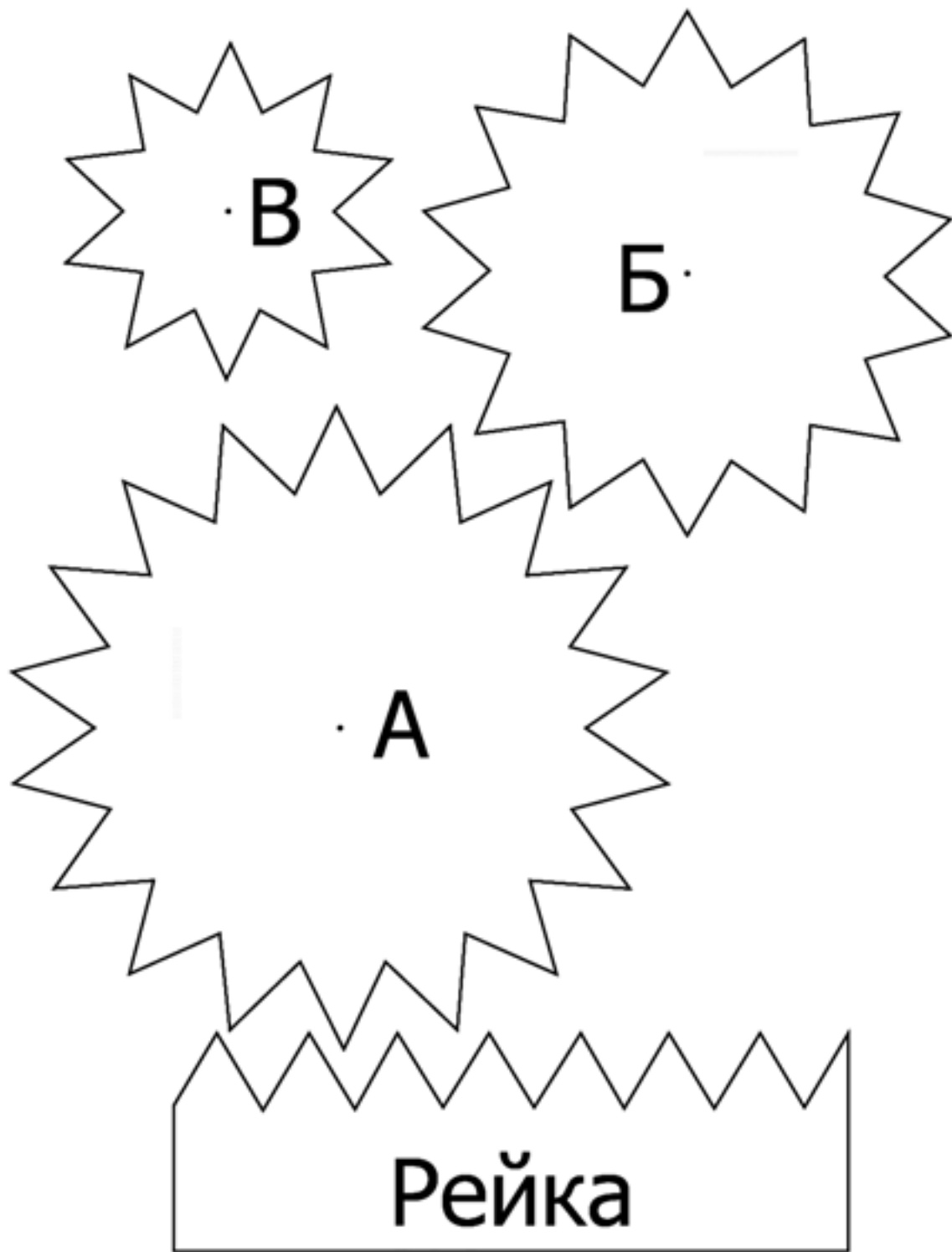
Поэкспериментируй, комбинируя различные шестерни, чтобы увидеть их действие в различных сочетаниях. Инженерам и учёным нужно иметь хорошее воображение, чтобы скомбинировать шестерни в нужном порядке и достичь желаемого эффекта.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое шестерня?
- Чего можно достичь, используя шестерни?
- Как должна быть устроена передача, которая увеличивает скорость?
- Какая шестерня имеет большую силу: большая или маленькая?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему у большинства велосипедов имеется более чем одна передача (трансмиссия), между которыми можно переключаться?
- Чем помогает велосипедисту переход на более высокую передачу (большая шестерня приводит в движение маленькую)?
- Чем помогает велосипедисту переход на более низкую передачу (маленькая шестерня вращает большую)?



ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧ

На этом уроке ты узнал о нескольких основных видах передач. Выбери одну из них и подробно изучи, с помощью книг и интернета, её устройство. Нарисуй схему этой передачи и опиши, как она работает.

Подбери примеры использования различных видов передач в известных тебе механизмах.

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

урок 16

БЛОКИ

Колёса с верёвками



СЛОВАРЬ:

- блок
- полиспаст

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- силовой полиспаст
- скоростной полиспаст



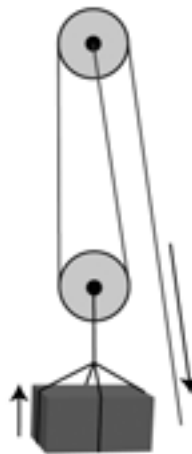
Как работает полиспаст?

Помнишь рассказ о «лапе Архимеда» – устройстве, с помощью которого защитники Сиракуз опрокидывали вражеские корабли? В этой конструкции, кроме длинного рычага и крюка, «принимал участие» ещё один вариант рычага – блок.

Блок – это колесо с жёлобом по окружности, насаженное на ось. Блок обхватывается верёвкой, ремнём или цепью; жёлоб не позволяет им соскочить с обода. Груз крепится на одном конце верёвки, а к другому прикладывается усилие. Усилие, направленное вниз, заставляет груз двигаться вверх. Неподвижный блок не даёт выигрыша в силе, но позволяет изменить направление её действия. Наше тело устроено так, что человеку проще тянуть груз вниз, чем вверх. Поэтому, несмотря на то, что блок не позволяет уменьшить приложенную силу, поднять груз с его помощью бывает намного проще.

Если ось блока закреплена, то расстояние, на которое приложенное усилие перемещает верёвку вниз, равно расстоянию, на которое груз перемещается вверх. Для того чтобы получить выигрыш в силе, необходимо использовать также и подвижные блоки, ось которых может перемещаться в вертикальном направлении. Если к неподвижному блоку добавить подвижный блок (так, как показано на схеме), то расстояние, на которое верёвка перемещается вниз, будет в 2 раза больше расстояния, на которое груз поднимается вверх. Значит, идеальный выигрыш в силе будет равен 2 (а на практике – немного меньше, из-за трения).

Сочетание фиксированных и подвижных блоков называется **полиспаст**. Выигрыш в силе такой системы будет равен количеству находящихся в ней блоков. Например, если в системе 4 блока, то выигрыш в силе этой системы равен 4. Но тянуть верёвку вниз придётся на расстояние, в 4 раза большее, чем высота, на которую нужно поднять груз.



Полиспаст

Полиспаст используется во многих устройствах. Основным механизмом современного подъёмного крана является система блоков. С помощью крана можно поднимать очень тяжёлые грузы – например, стальные двутавровые балки при строительстве небоскрёбов. Полиспаст также используется в лифтах, для того чтобы перемещать кабину вверх и вниз. На парусных судах система блоков играла важную роль на протяжении сотен лет.

Простые механизмы часто используются комплексно, в составе комбинированных механизмов. Например, в мясорубке имеются рычаг (ручка), винт (проталкивающий мясо) и клин (нож-резак). Стрелки наручных часов поворачиваются системой зубчатых колёс разного диаметра. Один из наиболее известных несложных комбинированных механизмов – домкрат, представляющий собой комбинацию винта и рычага. Выигрыш в силе, создаваемый комбинированным механизмом, равен *произведению* выигрышей отдельных механизмов, входящих в его состав.

Как видишь, использование простейших механизмов с их многообразными модификациями позволило создать современные машины. Конечно, в работе современной техники существуют и другие технологии, как, например, компьютерное управление. Однако механическое движение происходит благодаря использованию всё тех же простейших механизмов, что и века и тысячелетия назад.



Крюковая подвеска
подъёмного
крана
с полиспастом



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С БЛОКАМИ

Необходимые материалы: верёвка, трёхлитровая пластиковая канистра, ручка от пластиковой метёлки.

Задание 1. Один фиксированный блок

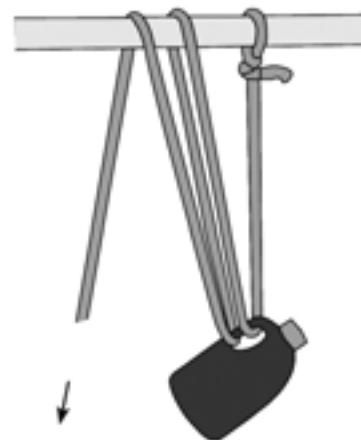
1. Налей воду в канистру и привяжи её за ручку к одному концу верёвки.
2. Попробуй поднять канистру вверх, потянув за верёвку.
3. Попроси кого-нибудь поддержать ручку от метёлки горизонтально, перекинь через неё второй конец верёвки.
4. Потяни за верёвку, чтобы поднять канистру. Сколько усилий тебе пришлось приложить по сравнению с действием в пункте 2?

Задание 2. Два блока

1. Отвяжи верёвку от ручки канистры и привяжи этот конец к ручке метлы.
2. Протяни свободный конец верёвки через ручку канистры и перекинь его через ручку метлы, делая петлю. Потяни за верёвку, чтобы поднять кувшин. Сколько усилий требуется, чтобы поднять кувшин, по сравнению с заданием 1? Чем ты «платишь» за то, чтобы уменьшить усилия?

Задание 3. Четыре блока

1. В этот раз сделай второй виток верёвки через ручку канистры и ручку метлы, как показано на рисунке.



1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



2. Снова потяни за свободный конец верёвки, чтобы поднять канистру. Чувствуешь ли ты, что сделать это стало ещё легче? На сколько сантиметров нужно оттянуть верёвку вниз, чтобы поднять канистру на 50 см от пола? Какой у этой системы выигрыш в силе?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое блок?
• Модификацией какого простейшего механизма является блок?
• Как система блоков обеспечивает выигрыш в силе?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Если человеку нужно поднять груз, который весит в 5 раз больше его самого, какое минимальное количество блоков потребуется для того, чтобы он смог это сделать?
• Как использовались блоки в средние века во время войн?
• Тебе уже приходилось находить простейшие механизмы в тех устройствах, которые тебя окружают. Теперь ты знаешь намного больше; вернись снова к этому заданию и попробуй в тех же объектах найти больше простейших механизмов.



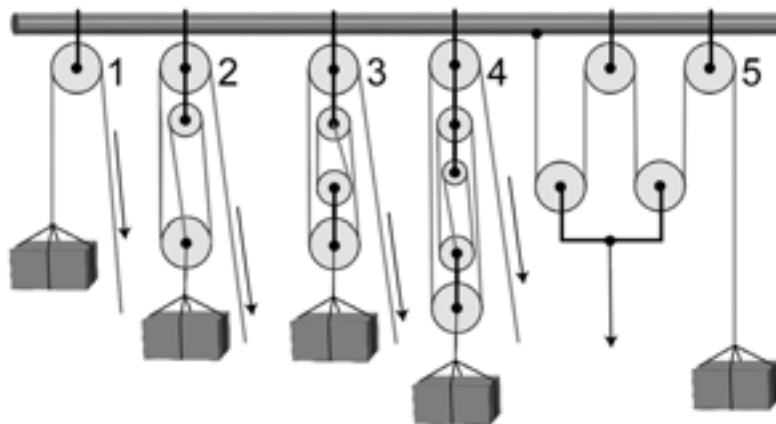
ПОЛИСПАСТ

Полиспаст – грузоподъёмное устройство, комбинация подвижных и неподвижных блоков, последовательно огибаемых канатом или цепью. Этот механизм применяют, чтобы получить либо выигрыш в силе (**силовые полиспасты**), либо выигрыш в скорости (**скоростные полиспасты**).

Полиспасты составляют из верхнего неподвижного и нижнего подвижного однорольковых или многорольковых грузовых блоков. Тяговое усилие при одинаковом грузе определяется числом ниток каната, на котором держится груз, не считая ту часть, за которую ты тянешь.

Скоростной полиспаст устроен, по сути, так же, как и силовой, но используется иначе. Усилие в нём прилагается не к свободному концу верёвки, а к подвижному блоку (или связке подвижных блоков), к свободному концу верёвки подвешивается груз. Поскольку выигрыш в скорости (расстоянии) достигается за счёт проигрыша в силе, усилие в скоростном полиспасте обычно оказывается не человеческими мышцами, а пневматическим или гидравлическим поршнем. Выигрыш в скорости будет таким же, каким был бы выигрыш в силе, если бы этот полиспаст использовался в качестве силового. Если в полиспасте с механическим преимуществом 4 поршень опустится вместе с подвижным блоком на 50 см, груз за это же время «взлетит» вверх на 2 м.

Рассмотри рисунок и определи идеальный выигрыш в силе для каждой системы блоков. Есть ли среди приведённых схем изображение скоростного полиспаста?



часть 3

КИНЕМАТИКА

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Относительность движения
- Скорость и ускорение
- Зависимость движения и скорости от системы отсчёта
- Основные понятия теории относительности

ТЕМЫ УРОКОВ

урок 17. КИНЕМАТИКА	74
урок 18. СКОРОСТЬ И ВЕКТОР СКОРОСТИ ...	78
урок 19. УСКОРЕНИЕ	82
урок 20. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	85

урок 17

КИНЕМАТИКА Как все двигается?



СЛОВАРЬ:

- кинематика
- механическое движение
- система отсчёта



Что происходит во время движения?

Посмотри на проезжающий мимо автомобиль. Какие силы на него действует? Какова мощность его двигателя? Как в двигателе один вид энергии преобразуется в другой? При помощи каких механизмов эта энергия передаётся на колёса? Помогает или мешает ему трение? Как достигается выигрыш в силе, необходимый для преодоления трения покоя? И как получить выигрыш в расстоянии и скорости на основной части его маршрута? На все эти вопросы ты уже можешь, подумав, дать правильные ответы.

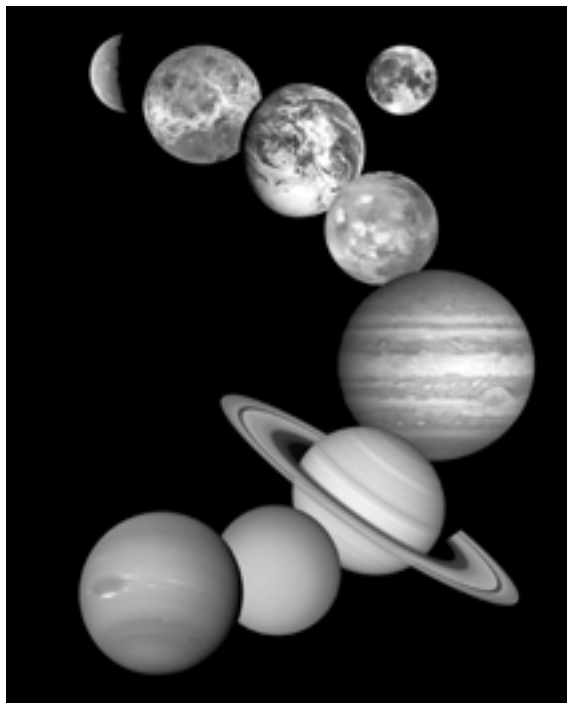
Но можно задаться и другими вопросами. Как описать движение автомобиля? Как он едет, быстро или медленно? В каком направлении? Набирает он скорость (разгоняется) или, наоборот, замедляет? Что произойдёт внутри салона, если машина резко затормозит?..

Ответы на эти вопросы даёт **кинематика** – раздел механики, в котором изучается движение объектов независимо от их массы и от сил, которые это движение вызывают.

А что такое движение? Казалось бы, простой вопрос – но сформулировать ответ не так-то просто. Более того: учёные, занимающиеся различными науками, могут дать на него разные ответы. Но нас с тобой сейчас интересует движение с точки зрения механики. **Механическое движение** – это изменение положения объекта в пространстве относительно других объектов с течением времени.

Теперь задумайся, что из этого определения следует. В самом начале этой книги мы попросили тебя немного посидеть, очень тихо, не шевелясь. С какой скоростью ты тогда двигался? Ты думаешь, что не двигался вообще? С одной стороны, ты прав: никаких движений ты не делал. И если кто-то находился с тобой в одной комнате, то он видел, что ты неподвижен. Но что, если вдруг в этот момент за тобой наблюдал в телескоп космонавт, находящийся на земной орбите? Он скажет, что ты, хотя и сидел на стуле, но при этом очень быстро двигался. Ведь Земля вращается вокруг своей оси, и ты – вместе с ней. Кроме того, наша планета движется вокруг Солнца, и все мы движемся вместе с ней.

Итак, даже если ты сидишь на месте, ты всё равно двигаешься. Движение – относительно. Это значит, что оно зависит от *точки наблюдения*. Эта точка и связанная с ней *система координат*, которую мы задаём, чтобы определять положение объекта в каждый момент времени, называются **системой отсчёта**.



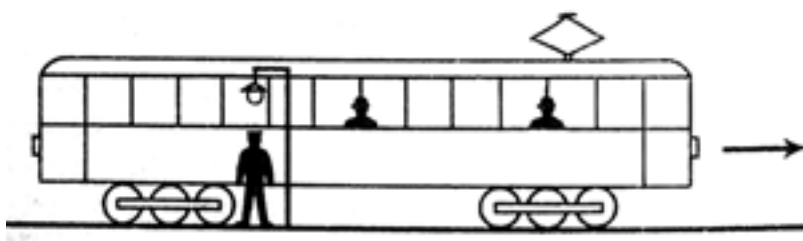
В прошлом люди считали, что Земля неподвижна, а Солнце, Луна и звёзды вращаются вокруг неё. Им казалось это правильным, потому что именно это они наблюдали, глядя на небо. Для точки наблюдения на Земле Солнце, Луна и звёзды движутся относительно неё. Только внимательное изучение движения других планет и звёзд позволило установить, что все небесные тела движутся друг относительно друга, в том числе и Земля. Все зависит от системы отсчёта.

Ещё один пример поможет тебе лучше понять, что такое система отсчёта. Если ты стоишь на тротуаре, а мимо проезжает автомобиль или трамвай с пассажиром, ты увидишь, что этот человек быстро движется мимо тебя. Но если ты тоже едешь в этом трамвае, тот же пассажир по отношению к тебе остаётся неподвижным.

Поэтому очень важно выбрать систему отсчёта. Движение одного объекта необходимо определять относительно другого объекта. Не существует неподвижной системы отсчёта, поэтому невозможно абсолютно точно описать движение.

Обычно одну из систем отсчёта принимают в качестве *основной*, условно *неподвижной*. (Если такая система специально не оговаривается, то, как правило, за основную систему отсчёта принимают связанную с поверхностью Земли). Движение объекта в этой системе отсчёта называют *абсолютным движением*. Пешеход по отношению к поверхности Земли (принятой за основную систему отсчёта) совершает абсолютное движение.

Относительно же пассажира, система отсчёта которого связана с едущим автомобилем, пешеход совершает *относительное движение*. Причём пассажир видит, что пешеход, направляющийся в ту же сторону, что и автомобиль, тем не менее движется в противоположном направлении: находясь изначально впереди машины, он быстро к ней приближается, а затем (после того,



как автомобиль его обгонит),начинает всё дальше удаляться назад.

Автомобиль в данной ситуации является не простым объектом, а *подвижной системой отсчёта*. Её движение относительно основной системы отсчёта называется *переносным движением*.

Если две системы отсчёта движутся одинаково относительно основной системы отсчёта, то относительно друг друга они сохраняют неподвижность. Когда два автомобиля едут рядом друг

с другом по соседним транспортным полосам с одинаковой скоростью, их пассажиры могут, открыв оконное стекло, вести неторопливую беседу друг с другом, передавать один другому какие-то вещи и т.д. Подобным образом происходит и дозаправка сверхдальних самолётов в воздухе, и стыковка космических кораблей. Один аппарат (самолёт или шаттл), приблизившись к другому, уравнивает с ним свою скорость. При этом оба самолёта или космических корабля становятся друг для друга неподвижными, в то время как относительно земной поверхности они продолжают двигаться с огромной скоростью.

При изучении кинематики система отсчёта является одним из важнейших понятий. Если мы не понимаем, что это такое, мы не в состоянии правильно описать движение. Только определив систему отсчёта, мы сможем узнать направление, скорость, ускорение движущегося объекта, а также другие характеристики движения.



Дозаправка самолёта в воздухе



ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Цель: разобраться, что такое система отсчёта.

Необходимые материалы: плюшевая игрушка, тележка.

ОПЫТ 1.

Ход работы

1. Посади игрушку в тележку.
2. Стоя неподвижно, попроси кого-нибудь толкнуть тележку, чтобы она проехала мимо тебя.

Вопросы

- Как, на твой взгляд, движется тележка?
- Как, на твой взгляд, движется игрушка?

ОПЫТ 2.

Ход работы

1. Поставь игрушку на то место, где ты стоял, а сам сядь в тележку.
2. Пусть снова кто-то толкнёт тележку. Постарайся смотреть только на неё. Как теперь, на твой взгляд, она движется?
3. Пока тележка ещё едет, посмотри на игрушку. Как тебе кажется, она движется?

Определи в каждом случае, какую систему отсчёта тебе лучше принять в качестве основной, а какую – в качестве подвижной. Укажи примеры абсолютного, относительного и переносного движения. Не забывай, что о движении можно говорить и определять его только относительно чего-то!

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое кинематика?
- Что такое система отсчёта?
- Приведи примеры разных систем отсчёта.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Почему, говоря о движении, важно определить систему отсчёта?
- Как движется Земля в системе отсчёта, связанной с далёкими звёздами, находящимися за пределами галактики Млечный путь?
- В движущемся поезде едет ребёнок, подбрасывает мяч в воздух и ловит его. Как движется мяч с точки зрения ребёнка? А как – с точки зрения человека, который стоит на перроне?



СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

Не всегда бывает просто разобраться с системами отсчёта – особенно если одна из них находится за пределами нашей планеты.

Рассмотри описанные ниже ситуации. Представь, как будет выглядеть движение в зависимости от выбранной системы отсчёта, как будут двигаться объекты относительно друг друга. Не спеши с ответами на вопросы, они далеко не простые. Тебе нужно будет вспомнить многое, что ты изучал на уроках по геометрии и по другим предметам. Возьми лист бумаги и сделай те вычисления, которые, как считаешь, тебе понадобятся.

1. Самолёт летит со скоростью 500 км/ч на высоте 10 км над землёй. Птица летит со скоростью 20 км/ч на высоте 100 метров над землёй в том же направлении, что и самолёт. Мальчик стоит на земле.

- Как быстро движется самолёт с точки зрения мальчика?
- Как быстро движется птица с точки зрения мальчика?
- Как быстро движется мальчик с точки зрения пилота?
- Как быстро движется самолёт с точки зрения птицы?

2. Космонавт на Луне наблюдает движение Земли, Солнца и звёзд. Учёный на Земле наблюдает движение Луны, Солнца и звёзд. Обрати внимание: Луна вращается вокруг своей оси с той же скоростью, что и вокруг Земли, поэтому к планете обращена всегда одна и та же её сторона.

- Как по отношению к наблюдателю на Луне движется Земля? А звёзды?
- Как по отношению к наблюдателю на Земле движется Луна? А звёзды?
- Как по отношению к космонавту движется учёный на Земле?
- Откуда появляется и как движется Солнце по отношению к каждому из наблюдателей?



урок 18

СКОРОСТЬ И ВЕКТОР СКОРОСТИ

Как быстро ты движешься?



СЛОВАРЬ:

- скорость
- средняя скорость
- вектор

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- модуль вектора



Что такое векторная величина?

Одна из важнейших характеристик движения – это скорость, с которой объект движется. Ты, конечно, понимаешь, что такое скорость, но давай посмотрим на неё глазами учёных. **Скорость** – это величина, которая показывает, насколько быстро движущийся объект меняет положение относительно выбранной системы отсчёта с течением времени.

За время своего движения объект проходит определённый путь. Чем выше скорость движения, тем меньше времени требуется, чтобы это расстояние преодолеть. Таким образом, при равномерном движении скорость – это отношение пройденного пути ко времени, за которое это расстояние пройдено. Например, если машина за один час проезжает расстояние, равное 60 километрам, говорят, что она двигается со скоростью 60 километров в час. Если же автомобиль двигается со скоростью 120 километров в час, значит, за то же самое время она проедет расстояние в два раза больше.

А если автомобиль проехал 100 км, и на это ему понадобилось 2 часа? Отношение пути к времени будет составлять $100 : 2 = 50$ км/ч. Итак, чтобы узнать скорость объекта, нужно пройденное им расстояние разделить на время пути.

При измерении скорости мы чаще всего пользуемся единицей, которая показывает, сколько километров проходит объект за 1 час (обозначается **км/ч**). В некоторых странах приняты другие единицы измерения, например мили в час (миль/ч). Но стандартной единицей измерения скорости, которой пользуются учёные, является метр в секунду (**м/с**).

Если ты знаешь скорость, с которой двигался объект, и время, в течение которого он двигался, ты можешь вычислить расстояние, на которое он переместился. Соответственно, если ты знаешь скорость и расстояние, которое было пройдено, ты можешь вычислить, сколько на это потребовалось времени. Например, если ты будешь ехать на велосипеде со скоростью 10 м/с в течение 300 секунд, то за это время ты проедешь $10 \times 300 = 3000$ метров. При



этой же скорости для того, чтобы проехать 1000 метров, тебе понадобится 100 секунд.

Но скорость движения довольно часто меняется. Если ты едешь на велосипеде в гору, твоя скорость будет меньше, чем при езде с горки или по прямой дороге. Кроме того, автомобиль в городе не может ехать с постоянной скоростью из-за меняющейся дорожной обстановки, пробок, светофоров и т.д. Поэтому часто приходится говорить о *средней*, а не о реальной скорости. **Среднюю скорость** вычисляют так же, как и скорость при равномерном движении: измеряют пройденный путь и делят его на время, за которое это расстояние пройдено. Но при этом не учитывают, какая скорость была у объекта в каждый отдельный момент времени.

Давай рассмотрим пример. Предположим, ты на велосипеде едешь к другу, который живёт на расстоянии 4,5 км (4500 м). Ты стартовал от дома и, ни разу не изменив скорость, доехал к другу за 15 минут (900 с). Твоя скорость была при этом $4500 \text{ м} : 900 \text{ с} = 5 \text{ м/с}$. Но скорее всего, во время поездки ты будешь ехать то быстрее, то медленнее. Сначала ты какое-то время будешь разгоняться, и твоя скорость будет значительно ниже. Затем ты притормозишь, чтобы пропустить пешехода. Остановишься, чтобы поболтать с ещё одним приятелем или чтобы купить мороженое. Затем снова наберёшь скорость, а потом будешь притормаживать перед домом друга. И в результате приедешь только через 25 минут (1500 с). А значит, твоя средняя скорость будет равна всего 3 м/с.

Ещё один важный показатель, использующийся для описания движения объекта, — это *вектор скорости*. **Вектором** в физике и математике называют величину, которая характеризуется и числовым значением, и определённым направлением. Скорость — это *векторная величина*, у неё всегда есть направление. Но очень часто термином «скорость» обозначают только её количественный показатель, описывающий, какое расстояние пройдено за *определённое время* (без указания направления). Это значение скорости используется во многих формулах. А при необходимости уточняют, что нужно рассматривать вектор скорости, который описывает, какое расстояние пройдено в *определённом направлении* за единицу времени.



Скорость в уравнениях обозначается буквой v

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Особая единица скорости применяется в морском и авиационном деле — узел. Она равна одной морской миле в час (1 морская миля = 1852 м). Чтобы определять скорость парусного судна, использовали специальное устройство — лаг. Это небольшая доска с привязанной к ней верёвкой, на которой через равные, специально рассчитанные промежутки затягивали узлы. Доску бросали за борт, засекали определённое время — обычно 15 секунд — и считали, сколько узлов уйдёт за корму за это время. Узел — самостоятельная единица скорости. Нельзя сказать: «Судно идёт со скоростью 20 узлов в час». Слова «в час» здесь лишние.



Лог

Например, описание вектора скорости самолёта может выглядеть так: движение на северо-восток со скоростью 200 м/с. При этом о скорости самолёта обычно говорят: она составляет 200 м/с (не учитывая направление).

Вектор скорости даёт нам больше информации о движении объекта, чем просто количественный показате-

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1
ПРОСТЕЙШИЕ
2
МЕХАНИЗМЫ

3
КИНЕМАТИКА

4
ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
5
ДВИЖЕНИЯ

6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

тель скорости. Он одновременно показывает, с какой скоростью движется объект и в каком направлении.

На 4 уроке мы говорили ещё об одной векторной величине – импульсе. У него тоже всегда есть определённое направление. Вернись к этому уроку и перечитай его.



ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ И ВЕКТОРА СКОРОСТИ

Цель: измерить скорость и вектор скорости с помощью нескольких простых инструментов.

Необходимые материалы: мелкий, палка длиной 1 м, секундомер, компас.

Ход работы:

1. Проведи на тротуаре стартовую линию.
2. При помощи метровой палки отмерь и нарисуй линии через 10, 25 и 50 метров от старта.
3. Пусть кто-нибудь засечёт секундомером время, за которое ты добежишь до каждой отметки.
4. Запиши каждый результат и рассчитай скорость (её количественный показатель). Помни, что скорость – это расстояние, разделённое на время.
5. Теперь, с помощью компаса, определи направление, в котором ты бежал, и вектор скорости.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое скорость?
- В каких единицах измеряется скорость?
- Чем вектор скорости отличается от скорости как количественного показателя?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Почему кроме количественного показателя скорости движения объекта важно знать и её вектор?
- Какие инструменты могут понадобиться для определения скорости и вектора скорости?
- Как определить вектор скорости, если объект движется не по прямой линии, а по окружности?



ВЕКТОРЫ

Итак, в физике и математике величину, которая характеризуется и числовым значением, и направлением, называют **вектором**. Именно такой величиной является вектор скорости: у него есть числовое значение, и он имеет направление. Графически вектор изображается в виде

направленного отрезка прямой линии определённой длины, то есть стрелкой. Например, для того чтобы представить графически вектор скорости 5 м/с, надо нарисовать стрелку длиной в пять единиц масштаба в направлении движения. Стрелка указывает, куда именно направлено движение объекта. Чем быстрее движется объект, тем длиннее будет стрелка. Числовое значение вектора (т.е. его длина) называется **модуль вектора**. Именно эту величину, без указания направления, обычно называют скоростью объекта.

Для того чтобы было проще понять, что такое вектор, рассмотрим пример (см. схему). Допустим, что самолёт летит на север со скоростью 200 м/с. Мы можем нарисовать вектор скорости движения самолёта длиной 20 см (в масштабе 10 м в 1 см) и направленный вверх (схемы и карты обычно ориентируют верхней частью на север). С востока дует сильный ветер. Он «сдувает» самолёт на запад со скоростью 20 м/с. Нарисуем движение самолёта из-за ветра: эта стрелка составляет $\frac{1}{10}$ длины первой стрелки (2 см) и направлена влево. Преимущество использования векторов – в том, что их можно суммировать, чтобы определить истинную скорость и направление движения самолёта. Если соединить начало вектора скорости самолёта с концом вектора скорости ветра, то **резльтирующий вектор** покажет истинные направление и скорость самолёта с учётом силы и направления ветра. На самом деле самолёт отклоняется к западу – и, обладая простыми математическими знаниями, можно подсчитать, на сколько.

Возможность сложения векторов оказывается очень полезной для точного расчёта движения объектов, на которые воздействует более чем одна сила. Компьютеры на самолётах, кораблях и других транспортных средствах используют векторные величины, чтобы определить фактическое местонахождение транспортного средства. Обладая этими данными, пилот или капитан может компенсировать действие силы ветра или течения и скорректировать курс в правильном направлении. В нашем примере, чтобы попасть в место назначения, которое располагается на севере, пилот должен направить самолёт немного на северо-восток, чтобы компенсировать отклонение от курса из-за ветра. Современные компьютерные программы составлены так, что эти факторы автоматически принимаются во внимание, и пилоту предлагается соответствующий курс.

Возьми лист бумаги, карандаш и линейку и попробуй решить несколько задач. Используй масштаб, при котором 1 см равен 2 км/ч. Поставь точку на листе и от неё проведи первый указанный в задаче вектор. От стрелки первого вектора проведи второй. И, наконец, соедини начало первого вектора с концом второго. Это и будет вектор, указывающий действительное направление движения. Длина результирующего вектора, с учётом масштаба, будет равна реальной скорости движущегося объекта.

Задача 1. Двое мужчин толкают по ровной снежной поверхности пластиковую тарелку для катания со снежных горок. Один человек толкает на северо-восток со скоростью 10 км в час. Второй человек толкает с той же скоростью на юго-восток. С какой скоростью и в каком направлении будет двигаться тарелка относительно системы отсчёта, связанной с земной поверхностью?



Задача 2. Бейсбольный мяч вылетает со скоростью 50 км/ч на запад из поезда, который движется на юг со скоростью 40 км/ч. С какой скоростью и в каком направлении движется мяч относительно поверхности Земли?



урок 19

УСКОРЕНИЕ Скорость изменения скорости



СЛОВАРЬ:

- ускорение
- отрицательное ускорение (замедление)



Является ли замедление ускорением?

С какой скоростью ты можешь ехать на велосипеде сразу после старта? Сначала – медленно, а затем – быстрее и быстрее. Иногда тебе приходится тормозить, а затем снова набирать скорость. На предыдущем уроке мы уже говорили о том, что во время движения твоя скорость меняется. Значит, должна существовать и величина, характеризующая изменение скорости за единицу времени.

Эта величина, показывающая, как изменяется скорость объекта за единицу времени, называется **ускорением**. Иногда её называют «скоростью изменения скорости». Единицей ускорения служит метр в секунду за секунду (обозначается м/с^2).

Но ведь скорость не всегда увеличивается, часто она уменьшается. В этом случае величину изменения скорости называют **отрицательным ускорением** или **замедлением**.

Ускорение – векторная величина. Если движение убыстряется, то направление вектора ускорения совпадает с направлением вектора скорости. Если же движение замедляется, то вектор ускорения направлен в противоположную сторону.



Если ты едешь на велосипеде по ровной дороге со скоростью 3 м/с, а затем дорога уходит под уклон, скорость твоего движения увеличится (если, конечно, ты не будешь притормаживать). Предположим, что ты спустился за 4 секунды, и в конце спуска скорость движения стала 5 м/с. То есть, скорость возросла на 2 м/с, а время, которое потребовалось для этого изменения скорости, составило 4 секунды. Поэтому мы 2 м/с делим на 4 с и получаем $0,5 \text{ м/с}^2$ (каждую секунду твоя скорость возрастала на 0,5 м/с).

Если бы ты не спускался, а поднимался по склону, то за 4 секунды скорость снизилась бы с 3 м/с до 1 м/с, и замедление составило бы $-0,5 \text{ м/с}^2$. Обрати внимание: при вычислении используется модуль вектора ускорения, а для того, чтобы показать, что скорость уменьшилась и объект испытал замедление, перед числовым значением ставится минус.

Сила, действующая в том же направлении, что и направление движения, увеличивает вектор скорости. Когда ты едешь на велосипеде и сильнее давишь на педали, скорость велосипеда увеличивается. Автомобиль будет ускоряться, если водитель добавляет силы, нажав на акселератор, увеличивающий подачу топлива и, соответственно, частоту вращения коленчатого вала. Все предметы, которые падают вниз, ускорятся, потому что на них действует гравитация – сила, которая постоянно притягивает все объекты к земле. Об эффектах гравитации мы будем говорить на 24 уроке.

Скорость движения будет замедляться, если применяется сила, действующая в противоположном направлении. Когда ты давишь на тормоза, возникшее трение действует против поступательного движения колёс, и скорость замедляется. Если машина едет в гору, то сила тяжести действует в направлении, противоположном движению, и скорость уменьшится, если не надавить сильнее на педаль газа.

Давай повторим термины, которые описывают движение. *Скорость* (её количественное значение) – это расстояние, пройденное за единицу времени. *Вектор скорости* – это расстояние, пройденное за единицу времени в определённом направлении. *Ускорение* – это изменение скорости в единицу времени, или скорость изменения скорости; оно является векторной величиной – к этому обстоятельству нам ещё предстоит вернуться.

И не забывай, что любое движение относительно и зависит от выбранной системы отсчёта!



Ускорение в уравнениях обозначается буквой a



ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ

Цель: наблюдение ускорения, вызванного гравитацией.

Необходимые материалы: игрушечная машинка, доска 2–2,5 м, 2–3 книги, картон, секундомер, маркер, мерная лента.



Ход работы

1. Сооруди из доски пологий пандус, положив один её конец на стопку книг. По бокам доски можешь сделать бортики из картона.
2. Попроси родителей или двух приятелей помочь тебе производить измерения.
3. Поставь машинку в верхней части пандуса и отпусти её.



4. Пусть первый помощник возьмёт секундомер и считает вслух каждую секунду, пока машинка едет. А второй помощник отмечает на картонных бортиках место, где находилась машинка в каждую секунду.
5. Измерь расстояние, которое проходила машинка за каждую секунду.

Вывод

Ты видишь, что расстояние, которое прошла машинка в первую секунду, меньше, чем расстояние за вторую секунду. За вторую секунду – меньше, чем за третью, и т.д. То есть через две секунды после начала движения машинка ехала быстрее, чем секундой раньше. Это ускорение вызывает гравитация.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое ускорение?
- Как в замедлении проявляется вектор ускорения?
- Чем бывает вызвано ускорение?
- Чем бывает вызвано замедление?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Когда бегун совершает спринтерский забег (на короткую дистанцию), существует ли отрезок времени, когда его скорость не меняется?
- Куда направлен вектор ускорения при движении по кривой линии?

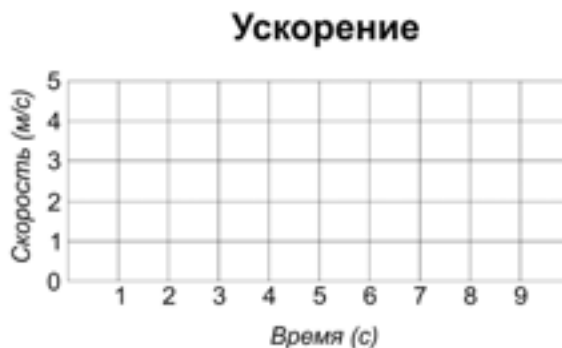


ГРАФИК УСКОРЕНИЯ

Цель: наглядно изобразить ускорение, построив его график.

Ход работы

1. Начерти таблицу значений из трёх столбцов. В первом столбике запиши секунды (1, 2, 3, 4 и т.д.). Во втором столбике проставь результаты измерений из опыта с машинкой: расстояние за 1-ю секунду, за 2-ю секунду и т.д. В третьем столбике рассчитай фактическую скорость машинки в каждую секунду. Вспомни, как вычисляется скорость.
2. Начерти сетку графика, изображённую справа, и построй график ускорения. На оси «X» будут значения временных промежутков в секундах, на оси «Y» – значения скорости в м/с.
3. Отметь точками на графике скорость в 1-ю секунду, 2-ю секунду и т.д. Затем соедини точки линией.



Выводы

В зависимости от длины пандуса и скорости машинки у тебя может получиться только 2 или 3 точки на графике. Линия, соединяющая точки, будет направлена вверх и вправо. Она отображает ускорение машинки.

Предположи, что длина пандуса была больше и спрогнозируй скорость машинки через 4–6 секунд.

Как ты думаешь, график будет представлять собой прямую линию? Почему?

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Общая и специальная

урок 20

Всё ли относительно?



Наблюдая движущиеся объекты, мы рассматриваем их скорость и ускорение относительно друг друга. Поскольку ты уже знаешь, что движение относительно, то нетрудно понять и относительность скорости. Например: человек находится в поезде, который едет в северном направлении со скоростью 60 км/ч. По встречной колее (на юг) движется другой железнодорожный состав с такой же скоростью. Для человека в первом поезде скорость встречного поезда составляет 120 км/ч. В его системе отсчёта скорость второго поезда будет больше, чем в системе отсчёта относительно людей, стоящих возле железнодорожной колеи и наблюдающих за обоими составами.

Ещё интереснее рассмотреть ситуацию, когда во втором поезде один из пассажиров идёт из конца вагона в его переднюю часть. Предположим, скорость его неторопливой ходьбы равна 2 км/ч. Пока он будет находиться в движении, его скорость будет для пассажира первого поезда ещё большей, чем скорость всего второго поезда! Если второй поезд приближается к пассажиру первого состава со скоростью 120 км/ч, то второй пассажир присоединяет к этой величине ещё и свою собственную скорость. Поэтому он приближается к пассажиру первого поезда со скоростью 122 км/ч.

Как ты видишь, при рассмотрении *сложного движения* (то есть когда объект движется в одной системе отсчёта, а эта система сама движется относительно другой) действует правило *сложения скоростей*.

Вот ещё два примера. Скорость мухи, ползущей по краю вращающейся грампластинки, равна сумме скорости её движения относительно пластинки и той скорости, с которой её переносит пластинка за счёт своего вращения. Или: если волны движутся относительно берега со скоростью 30 км/ч, и корабль также со скоростью 30 км/ч, то волны движутся относительно корабля со скоростью $30 - 30 = 0$ км/ч, то есть относительно корабля они становятся неподвижными.



1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



Очень важно понимать, что при сложении скоростей необходимо складывать именно векторы скоростей, с учётом их направления, а не просто количество километров в час. В простых случаях, когда две системы отсчёта движутся в одну сторону или навстречу друг другу, значение относительной скорости можно получить, просто подсчитав сумму или разность двух чисел. Во всех остальных случаях, когда векторы скоростей не лежат на одной линии, арифметическим сложением не обойдётся. Но обладая соответствующими математическими знаниями, найти сумму векторов достаточно просто.

Правило сложения скоростей действует в отношении всех двигающихся объектов, которые мы можем наблюдать вокруг себя. Однако лауреат Нобелевской премии по физике Альберт Эйнштейн заметил, что к скорости света это не относится.

В 1905 году Эйнштейн опубликовал *специальную (частную) теорию относительности* (а позже разработал и *общую теорию относительности*). Среди других наблюдений и вычислений он показал, что если скорость движения объекта приближается к скорости света, то она ведёт себя иначе, чем предполагалось исходя из законов механики.

Приведём очень упрощённый пример. Допустим, ты стоишь вечером на улице, и к тебе приближается автомобиль с включёнными фарами на скорости 60 км/ч. Свет движется со скоростью 300 км/с (скорость света в вакууме). Можно было бы ожидать, что к тебе он приближается с такой же скоростью плюс 60 км/ч. Тем не менее это не так. Скорость света относительно тебя так и остаётся 300 км/с – она не зависит от скорости движения источника! По сути, скорость света – это предельная скорость движения. Похоже, ничто не может двигаться быстрее. Поэтому *скорость света не зависит от системы отсчёта*.

Для того чтобы доказать истинность этого утверждения, Эйнштейн показал: когда скорость движения объекта приближается к скорости света, само время становится относительным. Если бы кто-то мог лететь на ракете со скоростью, близкой к скорости света, то время для этого человека проходило бы медленнее, чем для тех,



Так называемый «парадокс близнецов» вытекает из теории относительности Альберта Эйнштейна. Если один из братьев-близнецов отправится в космос на корабле, способном лететь с околосветовой скоростью, то после возвращения домой он окажется моложе своего брата, потому что старел медленнее, чем люди на Земле

кто находится на Земле. Люди на планете быстрее старели бы, чем космонавт в ракете. (Хотя человек не может путешествовать со скоростью света, эта идея стала основой для многих научно-фантастических историй).

Скорости, которые существуют на Земле, гораздо меньше скорости света. Поэтому поправка на относительность времени здесь настолько мала, что её невозможно ничем зафиксировать. Поэтому законы и правила классической механики её не учитывают. При этом механика не противоречит теории относительности: действующие в ней законы представляют собой частный случай более общих и универсальных законов, которые Господь установил для всей Вселенной.

Также, согласно теории относительности Эйнштейна, материя может быть преобразована в энергию. Истинность этого утверждения была доказана с развитием ядерной энергетики.

В ядерном реакторе небольшое количество урана трансформируется с выделением огромного количества энергии. Эйнштейн выразил это отношение знаменитым уравнением $E=mc^2$: энергия физического объекта равна его массе, умноженной на величину скорости света в вакууме, умноженную саму на себя. Так как скорость света очень велика, то и количество энергии, содержащейся даже в небольшой массе, огромно.

И ещё, специальная теория относительности Эйнштейна показывает, что по мере приближения скорости объекта к скорости света возрастает его масса. Это очень трудно себе представить, поскольку в окружающем нас мире кажется, что масса никак не зависит от скорости. Но теория относительности ясно показывает: при скорости движения, близкой к скорости света, масса объекта становится близка к бесконечной. Из-за этого крайне сложно разогнать объекты до очень высоких скоростей. Известно, что только электромагнитные волны (сюда входят, в частности, свет, рентгеновские и гамма-лучи) могут разгоняться до скорости света.

Теория относительности – это очень большой и очень сложный раздел научного знания. Возможно, когда ты вырастешь, ты захочешь изучить её в высшем учебном заведении. Познавая глубинные механизмы устройства Вселенной, мы узнаём частицы замысла, по которому Создатель сотворил мир.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Общая теория относительности (ОТО) применима к процессам, происходящим при гигантских скоростях и при наличии огромных масс. Поэтому поставить эксперимент для проверки этой теории в земной лаборатории практически невозможно. На помощь здесь приходят астрономы, изучающие физические процессы, происходящие во Вселенной. На сегодняшний день астрофизики подтвердили существование целого ряда явлений и эффектов, которые совпадают со следствиями из ОТО.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Общая теория относительности предсказывает, что пространство и время искажаются вблизи массивных объектов – планет и звёзд. С 2004 по 2005 гг. NASA провело на борту искусственного спутника Земли эксперимент под названием Gravity Probe B. С помощью высокочувствительных гироскопов (устройств, напоминающих юлу или волчок) проверялось существование двух эффектов: 1) геодезической прецессии – суммы искривления Землёй той части пространства-времени, которая находится рядом с ней; 2) закручивания, завихрения пространства за счёт движения Земли вокруг своей оси. Результаты эксперимента подтвердили предсказания ОТО с точностью до 1%.

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6





ПЛАКАТ ПО ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

С помощью своего учителя физики подготовь рекламный плакат или небольшую видеопрезентацию, посвящённую специальной теории относительности. Отобрази в своей работе одну или несколько из приведённых ниже тем.

- $E = mc^2$.
- Скорость света в вакууме = 300 000 км/с.
- Ничто не может двигаться быстрее скорости света!
- Время замедляется, если двигаться со скоростью, близкой к световой.
- Масса увеличивается, если двигаться со скоростью, близкой к световой.



АБСОЛЮТНОСТЬ СКОРОСТИ СВЕТА

В 1887 году Альберт Майкельсон и Эдвард Морли провели эксперимент, результат которого повлиял на дальнейшее развитие физики и способствовал тому, что казавшаяся странной и парадоксальной теория относительности Альберта Эйнштейна была очень быстро признана учёными всего мира.

Майкельсон и Морли использовали (а фактически – изобрели) *интерферометр* – оптический измерительный прибор, в котором луч света расщепляется надвое полупрозрачным зеркалом. Это зеркало представляет собой стеклянную пластину, которая посеребрена с одной стороны ровно настолько, чтобы частично пропускать поступающие на неё световые лучи, а частично отражать их. В итоге луч, направленный параллельно поверхности Земли, расщепляется, два получившихся луча расходятся под прямым углом друг к другу, после чего отражаются от двух равноудалённых от разделителя потока зеркал-отражателей и возвращаются на полупрозрачное зеркало, где снова собираются в один пучок. Результирующий пучок света попадает на светочувствительный элемент, который позволяет наблюдать *интерференционную картину* и выявлять малейшее смещение двух лучей.



Эдвард Морли



Альберт Майкельсон



Как ты думаешь, остались ли лучи параллельны друг другу и Земле в результирующем пучке света?

Помнишь, на 17 уроке мы предлагали тебе разобраться с ситуацией, когда мальчик, едущий в поезде, подбрасывает и ловит мяч? В системе отсчёта, связанной с вагоном, мяч двигался вверх и вниз, по вертикали; а в системе отсчёта, связанной с земной поверхностью, мяч двигался по дуге. Поэтому можно предположить, что лучи не будут параллельными. Однако смещения обнаружено не было. Эксперимент показал, что скорость света не зависит от движения Земли.

А твоё движение зависит от движения планеты? Да, ты двигаешься с той же скоростью, что и Земля, даже когда стоишь на месте.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

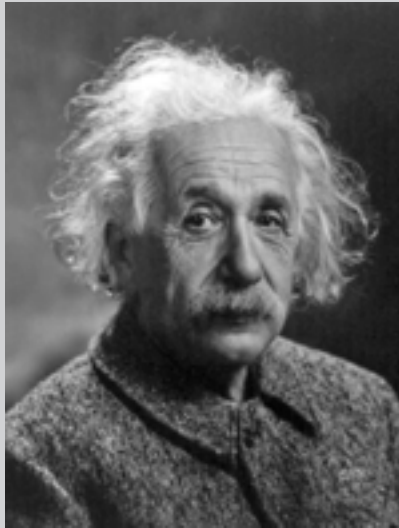
1879–1955

«Стремись не к тому, чтобы добиться успеха, а к тому, чтобы твоя жизнь имела смысл»

Когда ты слышишь имя Альберта Эйнштейна, что приходит тебе в голову? Может быть, ты вспоминаешь знаменитую фотографию лохматого мужчины с высунутым языком? Или начинаешь думать о теории относительности? Знания некоторых людей об Эйнштейне ограничиваются этими двумя воспоминаниями. Однако о физике-теоретике, одном из основателей современной теоретической физики, лауреате Нобелевской премии по физике 1921 года, общественном деятеле Альберте Эйнштейне можно сказать гораздо больше.

Он родился 14 марта 1879 году в городе Ульме, в Германии, а летом 1880 года семья переселилась в Мюнхен. Считают, что интерес Альберта к науке проявился в возрасте четырёх или пяти лет, когда он впервые увидел «чудо науки» – компас. Он был впечатлён тем, как невидимая сила заставляет стрелку всё время показывать на север. В шесть лет мальчик начал учиться играть на скрипке, и увлечение музыкой осталось у него на всю жизнь. Дядя задавал племяннику математические задачи, и тот был счастлив, решая их. Знакомый студент-медик, обедавший у них дома раз в неделю, познакомил Альберта с классической философией.

Родители отдали Альберта сначала в католическую начальную школу, а затем в мюнхенскую классическую гимназию Луитпольда, которую он так и не окончил, переехав в 1895 году вслед за семьёй в Милан. В гимназии он не был среди лучших учеников, отличаясь только знанием латыни



и математики. Эйнштейна не любили преподаватели, потому что он спорил со своими учителями, и почти во всех случаях доказывал свою правоту.

В октябре 1895 года шестнадцатилетний Альберт Эйнштейн пешком отправился из Милана в Цюрих, чтобы поступить в знаменитый Политехникум, в котором не требовалось свидетельства об окончании средней школы. Блестяще сдав вступительные экзамены по математике, физике и химии, он с треском провалился по

другим предметам. Ректор направил его для подготовки в кантональную школу в Аарау, и через год Альберт стал студентом педагогического факультета Политехникума. Но и здесь преподаватели недолюбливали строптивого студента.

Во время пребывания в Цюрихе Альберт встретил свою будущую жену и помощницу – Милеву Марич. Она была очень одарённой. В 15 лет Милеве было дано особое разрешение посещать занятия для мальчиков на подготовительных курсах, где она получила высшие оценки по физике и математике. В 1896 году она перешла из медицинского университета в политехнический. Она была пятой женщиной, принятой в этот университет. Здесь она познакомилась с Эйнштейном. Милеве было 21, Альберту – всего 17 лет.

По окончании университета Эйнштейну долго не удавалось получить постоянную работу, поэтому часто приходилось даже голодать. Но тем не менее он находил возможности для дальнейшего изучения физики. Только в 1902 году Альберт получил по рекомендации друзей место эксперта в федеральном Бюро патентов в Берне. Там он проработал семь лет, и считал эти годы самыми счастливыми в жизни. Должность постоянно занимала его ум различными научными и техническими вопросами, и оставляла достаточно времени для самостоятельной твор-

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1
ПРОСТЕЙШИЕ
2
МЕХАНИЗМЫ

3
КИНЕМАТИКА

4
ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
5
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

ческой работы. Появившиеся в результате научные статьи изменили облик современной физики, принесли Эйнштейну мировую славу.

6 января 1903 года Альберт и Милева поженились, но большую часть времени проводили вдали друг от друга, поддерживая связь перепиской по почте. Многие письма были посвящены вопросам физики, и в частности – работе, за которую Эйнштейн получил Нобелевскую премию.

В 1905 году были опубликованы четыре статьи Эйнштейна, за одну из этих работ он получил докторскую степень в Цюрихском Университете. В 1908 году Эйнштейн стал преподавателем в Университете Берна, а в следующем году – профессором физики в Университете в Цюрихе. Это позволило ему оставить работу в патентном бюро.

В 1914 году Эйнштейн снова переехал в Германию, был назначен директором Института физики и профессором Берлинского Университета. Милева с детьми осталась в Цюрихе, их семья распалась. В 1921 году Эйнштейн получил Нобелевскую премию по физике. Большинство людей считает, что это была награда за открытие теории относительности. На самом же деле премией были отмечены работы 1905 года, посвящённые квантовой теории света, включая открытие фотоэлектрического эффекта.

Альберт Эйнштейн приложил немало усилий для создания Еврейского университета в Иерусалиме в 1925 году и был его ректором со дня основания по 1928 год.

В 1933 году в Германии к власти пришли нацисты, и учёный выехал в США. Впоследствии в знак протеста против фашизма он отказался от немецкого гражданства и вышел из состава Прусской и Баварской академий наук. После переезда в Америку

Эйнштейн получил должность профессора физики в недавно созданном Институте перспективных исследований (Принстон, штат Нью-Джерси). В 1934 году он дал благотворительный концерт, где исполнял на скрипке произведения Моцарта. Сборы от концерта пошли в пользу учёных и деятелей культуры, эмигрировавших из нацистской Германии.

Во время Второй мировой войны Эйнштейн консультировал Военно-морские силы США, а в 1944 году оказал финансовую помощь военным действиям, позволив продать на аукционе рукописный экземпляр своего труда по специальной теории относительности. Рукопись была куплена за 6 миллионов долларов и в настоящее время находится в библиотеке Конгресса.

В 1945 году Эйнштейн ушёл со своего поста в Принстоне. К этому времени он пользовался славой не только великого учёного, но и одного из ведущих политических деятелей мира. В 1952 году, после смерти первого президента Израиля, Эйнштейну предложили занять президентский пост, но он отказался.

Альберт Эйнштейн умер 18 апреля 1955 года. Его тело было кремировано, а прах развеян. Свои архивы он оставил Еврейскому Университету.



часть 4

ДИНАМИКА

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Три закона движения
- Влияние гравитации на движение
- Свободное падение
- Методы определения центра тяжести тел

ТЕМЫ УРОКОВ

урок 21. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА	92
урок 22. ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА	97
урок 23. ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА	102
урок 24. ГРАВИТАЦИЯ	105
урок 25. ПАДАЮЩИЕ ТЕЛА	110
урок 26. ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ	115

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6



урок 21

ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Инерция



СЛОВАРЬ:

- динамика
- инерция
- первый закон Ньютона (закон инерции)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- инерциальная система
- неинерциальная система



Почему объекты продолжают движение?

Ты уже знаешь, что такое движение с точки зрения механики. Тебе известно, что объекты двигаются с определённой скоростью в определённом направлении и что они могут ускоряться и замедляться. Знаешь ты и то, что движение относительно и зависит от выбранной системы отсчёта. Все эти знания относятся к тому, *как* двигаются объекты. Пора изучить, *почему* они двигаются.

Раздел механики, изучающий причины механического движения объектов, называется **динамикой**.

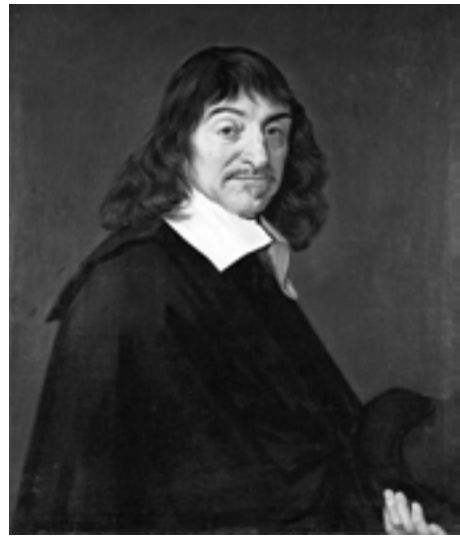
Когда ты изучал ускорение, то видел, как игрушечная машинка разгоняется, двигаясь вниз по пандусу, затем постепенно замедляется и останавливается. Подобное происходит вокруг нас повсюду: скорость движущихся объектов уменьшается, и они останавливаются, если на них не действует постоянно какая-то сила, поддерживающая их движение.

Наблюдая это постоянно, можно попытаться сделать вывод, что для движения объекта необходимо, чтобы на него постоянно действовала какая-нибудь сила. Древнегреческий учёный Аристотель, живший в IV веке до Рождества Христова, утверждал именно это: «Движущееся тело останавливается, если сила, его толкающая, прекращает свое действие». Однако это не так. На самом деле, всё происходит как раз наоборот: объект замедляется и останавливается из-за того, что на него действуют природные силы, мешающие (противодействующие) его движению: силы трения, сопротивления воздуха и другие. Влияние этих сил Аристотель и его последователи не учитывали.

И только два тысячелетия спустя, в начале XVII века, Галилео Галилей смог исправить эту ошибку. Производя эксперименты и логически их осмысляя, он пришёл к выводу: при отсутствии внешних сил любой объект либо покоится, либо равномерно движется. Для того чтобы объект начал движение, необходимо приложить усилие, но как только он начал двигаться, приданная ему скорость будет сохраняться постоянно, если ей не помешают другие силы. Только воздействие

этих других сил способно вызвать ускорение или замедление объекта. Если такие силы отсутствуют, равномерное движение объекта будет длиться вечно.

Жившие в том же столетии два великих учёных – *Рене Декарт* и *Исаак Ньютон* – сформулировали это открытие Галилея как *закон инерции*. **Инерция** – это свойство, которым обладают все объекты, проявляющееся в стремлении объекта оставаться в том состоянии, в котором он в данный момент находится: сохранять покой или равномерное прямолинейное движение, если воздействия на него других сил отсутствуют или нейтрализуют друг друга. Это означает, что *объект, который в данный момент не движется, не начнёт двигаться до тех пор, пока к нему не будет*



Рене Декарт



Сэр Исаак Ньютон

приложена сила извне; и объект, который уже движется, не начнёт замедляться, ускоряться или сворачивать со своего пути до тех пор, пока к нему не будет приложена внешняя сила.

Данное утверждение и есть **закон инерции**, или **первый закон Ньютона**. Его часто формулируют так: «Объект, находящийся в состоянии покоя, будет оставаться в покое, а движущийся объект будет двигаться до тех пор, пока на них не подействует внешняя сила». Его первая часть ни у кого не может вызвать сомнений. Легко заметить, что объекты, находящиеся в покое, в этом состоянии и остаются. Лежащие на столе книги не начинают вдруг подпрыгивать сами по себе, и кресло не перебегает из одного угла комнаты в другой.

Однако вторая часть этого закона не так очевидна. Мы уже обратили внимание: в повседневной жизни нам кажется, что движущиеся объекты останавливаются сами. Машинка, скатившаяся вниз по пандусу, начинает замедляться и вскоре оста-

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В космосе нет сопротивления воздуха и не действует сила трения, поэтому объекты, которые начали там своё движение, продолжают двигаться. Например, NASA в 1977 г. запустило к границам Солнечной системы беспилотный аппарат «Вояджер-1». Этот космический зонд по сей день пребывает в движении, хотя в течение всех этих лет к нему не было приложено никаких дополнительных усилий. Он будет двигаться до тех пор, пока ему что-то не помешает. 20 марта 2013 года «Вояджер-1» удалился от Солнца на расстояние 18,5 миллиардов км и стал первым в истории искусственным объектом, покинувшим Солнечную систему.



навливается. Но это происходит потому, что на машинку действуют силы, которых мы не замечаем. В неё врезаются молекулы воздуха, замедляя её движение, а между колёсами и поверхностью возникает трение, также вызывающее торможение. В идеальной среде, то есть при отсутствии трения и сопротивления воздуха, машинка двигалась бы бесконечно долго.

Если на движущийся по инерции объект начнут одновременно действовать две одинаковые по силе, но противоположные по направлению силы (например, слева и справа), состояние покоя или равномерного движения не нарушится: ведь равнодействующая сила в этом случае будет нулевой. Для того чтобы преодолеть инерцию объекта, необходимо действие *несбалансированных сил*.

Когда ты едешь на велосипеде, то знаешь, что нужно внимательно следить за дорогой, чтобы не налететь колесом на камень или какое-то другое препятствие. Если это случится, велосипед резко остановится, а твоё тело будет продолжать двигаться по инерции в том же направлении и с той же скоростью, что и раньше. Поэтому при такой резкой остановке велика опасность того, что ты можешь перелететь через руль, упасть и сильно ушибиться. Будь осторожен!



НАБЛЮДЕНИЕ ИНЕРЦИИ

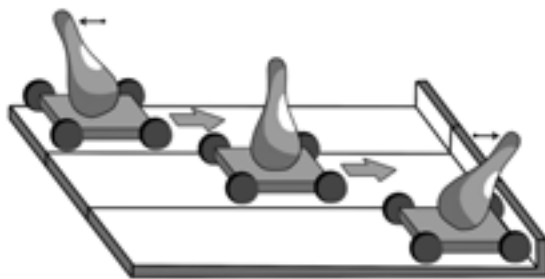
Цель: наблюдать действие первого закона Ньютона.

Необходимые материалы: теннисный мячик, большая игрушечная машина-грузовик, чашка, стол, игральная карта, монеты.

ОПЫТ 1

Ход работы

1. Положи мячик в центре кузова машины и начни её двигать вперёд. Что происходит с мячиком? Сначала он покатится к задней части машины. Это происходит, потому что мяч стремится остаться в покое даже после того, как машина начала двигаться. В конце концов, сила трения и столкновение с задним бортом кузова заставят мячик двигаться вместе с машинкой.
2. Как только мячик начал двигаться вместе с машиной, резко останови её. Что происходит с мячом? Почему теперь он покатился к переднему борту кузова? У мячика есть инерция, которая заставляет его продолжать движение даже после того, как машинка остановилась.



Вывод

Теперь ты знаешь, что происходит, когда ты едешь в автобусе или троллейбусе. Ты можешь объяснить, почему ты качнулся назад, когда транспорт резко тронулся с места, или почти упал вперёд, когда он резко затормозил. Как и все объекты, твоё тело обладает инерцией: оно стремится остаться в состоянии покоя или продолжать движение.

ОПЫТ 2

Ход работы

1. Налей в чашку воду и поставь её на стол.
2. На чашку положи игральную карту.
3. Сверху карты положи монету.
4. Щелчком по ребру карты сбей её с чашки. Что произошло с монетой?

Вопрос

Почему монета упала в чашку?

Вывод

Инерция заставляет монету оставаться в покое даже тогда, когда карта движется. Так как поверхность карты достаточно гладкая, то сила трения между картой и монетой невелика. Монета упала вниз, в чашку, так как на неё начала действовать сила гравитации.

Если ты будешь внимательно наблюдать за окружающим миром, то сможешь увидеть действие инерции во всём, что происходит.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое инерция?
- Что утверждает первый закон Ньютона?
- Почему, подпрыгнув, ты приземляешься на пол в том же самом месте (ведь пока ты находился в воздухе, Земля двигалась, вращаясь вокруг своей оси)?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



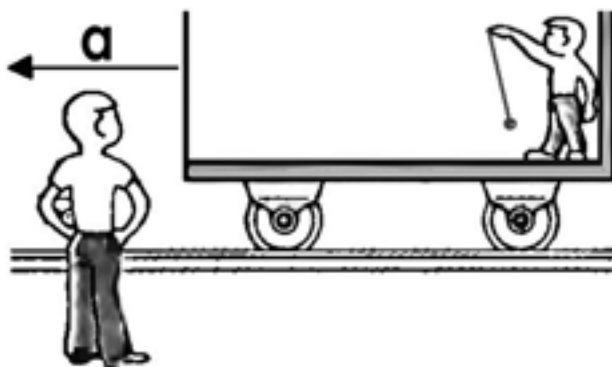
- Как будет двигаться объект, если действующие на него силы равны, но действуют в противоположных направлениях, то есть сбалансированы?
- Куда ты приземлишься, если подпрыгнешь в вагоне поезда, идущего с постоянной скоростью?
- Одинаковое ли количество бензина нужно для того, чтобы автомобиль тронулся с места, и для того, чтобы поддержать его движение на постоянной скорости?



ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ И НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

Возможно, у тебя уже возник вопрос. После изучения основ кинематики ты хорошо запомнил, что любое движение – относительно, оно зависит от системы отсчёта. Вспомнить хотя бы пример с двумя автомобилями, едущими рядом с одинаковой скоростью. Если они будут синхронно разгоняться, тормозить и делать повороты, то для людей в первой машине вторая будет оставаться неподвижной (сохранять покой), несмотря на то, что на неё воздействуют различные силы. Учитывает ли первый закон Ньютона относительность движения? Да, учитывает.

Во-первых, обрати внимание: согласно этому закону, между состоянием покоя и равномерным прямолинейным движением нет разницы. Здесь действительно всё зависит от системы отсчёта. Рассмотрим для примера человека, едущего в вагоне поезда, скорость которого постоянна и прямолинейна. Если состояние путей очень хорошее, и вагоны не подскакивают на стыках, а за окнами ночь, то пассажир вообще не в состоянии определить – едет ли поезд в данный момент или стоит на станции.



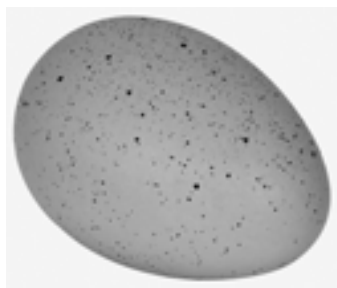
Мальчик в ускоряющемся вагоне задумался, под действием какой силы отклонился шарик на верёвке, который он держит в руке. Мальчик на перроне видит, что шарик, двигаясь по инерции, отстаёт от ускоряющегося вагона

Заметь и то, что если поезд начнёт ускоряться или притормаживать, пассажир сразу же об этом узнает. Вспомни опыты, отмеченные значком с изображением лупы, и ты поймёшь, как именно он это почувствует: он сам и незакреплённые предметы на столике качнутся вперёд или назад, продолжая равномерное движение по инерции.

Во-вторых, первый закон Ньютона действует в таких системах отсчёта, которые сами заметным образом не подвержены воздействию никаких сил. Например, поезд (движущийся или стоящий) мы рассматриваем в системе отсчёта, связанной с земной поверхностью. Влияние силы вращения Земли в данном случае очень мало и может не приниматься в расчёт – это влияние без сверхточных приборов нам не удастся заметить.

Такие системы отсчёта, для которых справедлив закон инерции (то есть относительно которых объект при отсутствии внешних воздействий сохраняет величину и направление своей скорости неограниченно долго), называются **инерциальными системами**. В свою очередь, системы отсчёта, которые с ускорением движутся относительно инерционных, получили название **неинерциальных систем**.

Для наблюдателя, находящегося в неинерциальной системе отсчёта, закон инерции не выполняется. Вспомни, как пассажир ночного поезда вдруг увидел, как предметы на столике неожиданно качнулись назад. Они перешли от покоя к движению, но при этом внутри вагона на них никакая сила не действовала! Однако это не означает, что первый закон Ньютона неверен. Ведь именно по неожиданному движению предметов (а также собственного тела) пассажир понял: раз действие закона инерции нарушилось – значит, какая-то сила начала действовать на всю его систему отсчёта, придавая ей ускорение. «Поезд поехал!» – догадывается он. А наблюдатель, который смотрит с перрона (инерциальная система отсчёта) в освещённое окно вагона, прекрасно видит: предметы на столе качнулись именно потому, что на них вместе с вагоном действовала сила локомотива – она вывела из состояния покоя поезд вместе со всеми предметами внутри него.



Действие первого закона Ньютона может быть полезным для нас в самых неожиданных обстоятельствах. Например, можно определить, не разбивая яйца, сырое оно или сварено вкрутую. Подумай, что надо для этого сделать. Если не догадаешься – спроси у мамы или найди информацию самостоятельно в библиотеке или в интернете. Важно, чтобы ты понял не только, что именно нужно сделать, но и почему происходит именно так. Поставь эксперимент и проверь, действует ли этот способ.

ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

Связь массы и инерции

урок 22



СЛОВАРЬ:

- второй закон Ньютона (закон ускорения)

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- инертность
- масса



Как ускорение зависит от массы и силы?

Великий английский математик и физик сэр Исаак Ньютон вывел не один, а три закона движения, объясняющие, как и почему движутся любые объекты. Первый из этих законов тебе уже известен. Ты знаешь, что если на объект не воздействуют никакие силы, он будет или находиться в покое, или двигаться прямолинейно и равномерно (с постоянной скоростью). Если же приложить к нему силу, объект сразу же получит ускорение – положительное или отрицательное, а также может изменить направление движения.

Теперь давай задумаемся: как соотносятся между собой величина приложенной к объекту силы и величина ускорения, приданного ему этой силой.

Представь себе, что два космонавта на борту искусственного спутника Земли решили состязаться в метании различных предметов. Причём победителем считается не тот, кто точнее попадёт каким-нибудь брошенным предметом в мишень, нарисованную на противоположной стене, а тот, чей предмет быстрее долетит до цели. Сила у обоих соперников приблизительно одинаковая. Первый космонавт выбирает для броска теннисный мячик, а второй – шар для боулинга. На Земле

второго участника состязаний ждало бы неминуемое поражение: более тяжёлый шар для боулинга летел бы медленнее, чем лёгкий теннисный мяч. Но ведь в невесомости предметы ничего не весят (поэтому она так и называется)! Значит, у обоих участников состязания равные шансы?

Вовсе нет. Брошенные обоими космонавтами предметы полетели так же, как и на Земле (с той только разницей, что они не отклонялись от прямого маршрута силой земного притяжения): мячик сразу же обогнал большой шар и пер-



вым достиг противоположной стенки. Значит, он с самого начала получил большее ускорение, хотя оба предмета и были запущены с одинаковой силой. Почему?

Ответ несложен: на различное ускорение двух предметов повлияла не разница в весе (который действительно стал нулевым), а различие в величине массы каждого из них. Масса-то куда не делась и в невесомости, она осталась прежней! Поэтому под действием такой же силы мячик, имеющий массу 60 граммов, получит в начале своего движения большее ускорение, чем трёхкилограммовый шар для боулинга. (Выполняя задание к 6 уроку, ты узнал, что грамм и килограмм – это единицы именно массы, а не веса).

Чем больше масса объекта – тем больше присущая ему инерция, тем сильнее он стремится сохранить то состояние, в котором в настоящий момент находится, тем «неохотнее» он будет ускоряться при воздействии на него силы. И тем сильнее нужно воздействовать на него, чтобы придать нужное нам ускорение.

Значит, *ускорение, которое получает объект, зависит не только от величины приложенной к нему силы (точнее – равнодействующей силы), но и от массы самого объекта. Причём если зависимость ускорения от скорости является прямо пропорциональной* (это понятно: увеличим силу в 2 раза – и ускорение, полученное объектом, будет в 2 раза больше), *то от массы оно зависит в обратной пропорции*: чем больше масса объекта – тем меньшим будет ускорение, полученное объектом под воздействием силы.

В этом и состоит суть **второго закона Ньютона**. Зная его, можно легко узнать, какое ускорение получит тот или иной объект: нужно величину прилагаемой к нему равнодействующей силы разделить на массу объекта.

Чтобы наблюдать действие второго закона Ньютона, нет необходимости лететь в космос. Можно, например, проделать опыт, запуская катиться по полированному столу шарик для пинг-понга и бильярдный шар, а потом толчком заставляя их свернуть со своего маршрута. И если для заметного изменения маршрута первого шарика достаточно лёгкого касания пальцем, то второй шар придётся толкнуть гораздо сильнее, чтобы он после толчка покатился туда же, куда и изменивший направление своего движения шарик для пинг-понга. (Изменение направления шарика тоже зависит от ускорения – ты ведь помнишь, что это векторная величина, то есть у ускорения есть направление).

А если посмотреть на ситуацию с точки зрения ускорения, а не силы? Тогда мы увидим: если к двум объектам применяется одинаковая сила, то объект с меньшей массой будет испытывать большее ускорение. Состязание, которое мы только что мысленно организовали в космосе, с таким же результатом произойдёт и на Земле. Если бросить теннисный мяч и шар для боулинга с одинаковой силой, теннисный мяч полетит гораздо быстрее. Его масса меньше, поэтому ускорение будет выше.

Так как второй закон Ньютона описывает зависимость ускорения от массы объекта и приложенной силы, его часто называют **законом ускорения**.



Астронавт Джон Блах с игрушечным футбольным мячом на борту челнока «Дискавери»



ПРОВЕРКА ЗАКОНА УСКОРЕНИЯ

Цель: наблюдение второго закона Ньютона.

Необходимые материалы: изолента, роликовые коньки с парным расположением колёс, молоток, банка консервов.

ОПЫТ 1

Ход работы

1. Наклей полоску изоленты на пол, чтобы отметить линию старта.
2. Поставь ролики на старте.
3. Слегка ударь их сзади молотком и посмотри, с какой скоростью они двигаются.
4. Снова поставь ролики на старт и ударь их сильнее. Как они двигаются по сравнению с первым разом?



Вывод

Во второй раз ролики разгонятся со старта с большим ускорением и будут двигаться гораздо быстрее, потому что ты применил большую силу. Так как масса роликов не менялась, повышение ускорения было вызвано увеличением прикладываемой силы.

ОПЫТ 2

Ход работы

1. Помести ролики на стартовой линии.
2. На один из них поставь банку консервов или другой тяжёлый предмет. Это увеличит массу ролика.
3. Ударь молотком сзади ролик без груза. Наблюдай, с какой скоростью он движется.
4. С той же силой ударь ролик с грузом. Видишь разницу в скорости движения?

Вывод

Ролик с грузом массивнее, поэтому он движется медленнее. При одинаковой приложенной силе более массивный ролик испытывает меньшее ускорение по сравнению с тем, масса которого меньше.

Обрати внимание: дело не в том, что первый ролик тяжелее, то есть больше весит, а в том, что он *массивнее* – то есть обладает большей массой. Вспомни наш воображаемый эксперимент в невесомости, а также то, что мы говорили о весе и массе на 3-м уроке.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- О чём говорит второй закон Ньютона?
- Как по-другому называется этот закон?
- Если одинаковая сила действует на два объекта с различными массами, какое у них будет ускорение?
- Если ты хочешь увеличить ускорение объекта, как нужно изменить прикладываемую силу?

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Как можно уменьшить силу, необходимую для ускорения объекта?
 - Как велогонщик может уменьшить массу своего велосипеда, чтобы увеличить ускорение?
 - Как велогонщик может увеличить силу, с которой он давит на педали?



ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРОГО ЗАКОНА НЬЮТОНА

Зная второй закон Ньютона, мы можем записать его в виде формулы и использовать в вычислениях. Согласно этому закону, сила (F), необходимая для перемещения объекта, равна массе (m) этого объекта, умноженной на его ускорение (a):

$$F = ma$$

Следовательно, чтобы узнать, какое ускорение получит тот или иной объект: нужно величину прилагаемой к нему равнодействующей силы разделить на массу объекта:

$$a = F/m$$

Чем больше масса объекта, тем большей инерцией он обладает, тем больше его сопротивляемость любой силе, которая пытается изменить его состояние. Так проявляется его **инертность** – свойство объекта в большей или меньшей степени препятствовать изменению своей скорости при воздействии на него внешних сил.

Масса объекта и его инертность неразрывно связаны друг с другом. Вспомни: на 3-м уроке мы определили массу как меру «количества» вещества, уточнив при этом, что данное определение не очень точное. С развитием науки под количеством вещества стали понимать количество атомов, молекул или других частиц, из которых оно состоит, – а это не имеет отношения к массе. Но теперь у нас есть возможность дать более точное определение этого загадочного и в то же время очень важного свойства всех объектов нашего мира (*физических тел*): **масса** каждого из них – это мера их инертности. Это следует из второго закона Ньютона.

Знание второго закона Ньютона помогает рассчитать количество силы, необходимой для ускорения конкретного объекта или для того, чтобы предсказать ускорение объ-



Микроавтобусу нужен более мощный двигатель, чем легковому автомобилю, потому что его масса больше

екта при действии заданной силы. Поэтому уравнение, описывающее этот закон, применяется во многих областях техники.

Например, если инженер разрабатывает новый автомобиль, он должен решить, насколько мощным нужно сделать двигатель. Он должен обеспечивать достаточное количество энергии для ускорения автомобиля в разумных пределах. Если двигатель слишком мал для массы машины, автомобиль будет ускоряться слишком медленно, и водители будут недовольны. Если же двигатель чересчур большой, он будет использовать слишком много бензина, а водитель – тратить больше денег. Таким образом, инженер должен разработать двигатель *оптимальных*, наиболее подходящих размера и мощности.

Представь себя на месте этого инженера-конструктора и реши несколько задач.

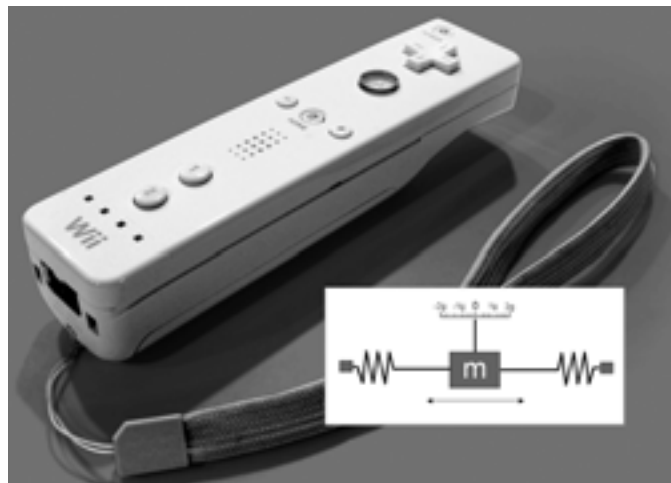
1. Если клиент желает, чтобы автомобиль массой 1000 кг имел ускорение 10 м/с^2 , какую силу должен обеспечить двигатель? А если масса автомобиля 2000 кг, какая сила двигателя обеспечит ему ускорение 10 м/с^2 ? Сравни получившиеся результаты.
2. Масса автомобиля – 2000 кг, желаемое ускорение – 5 м/с^2 . Какова должна быть сила двигателя? Насколько меньше необходимое усилие, чем в предыдущем примере для автомобиля с такой же массой?

На действии второго закона Ньютона основана работа акселерометра – прибора для измерения ускорения. Такие приборы используют при испытаниях автомобилей, в системах навигации космических кораблей, самолётов и т. д. Космонавты определяют по акселерометру величину перегрузок: ведь они возникают именно в результате ускорения, когда пилот, по инерции двигаясь с прежней скоростью, начинает сильнее давить на ускорившуюся опору (пол кабины или спинку кресла) – а значит, больше весить.

Простейший акселерометр – это маятник, поддерживаемый пружинами. Как только он отклоняется от своего положения (посмотри ещё раз на рисунок на стр. 96), его смещение через деформацию пружин передаётся на шкалу прибора. По ней можно узнать, какое ускорение в данный момент ты испытываешь (точнее, испытывает система отсчёта, которая у тебя общая с прибором). Оно определяется исходя из массы маятника и силы, сместившей его с места (о том, что это за сила, ты узнаешь из 27 урока).

Акселерометры встраивают и в некоторые новейшие пульты для игровых приставок (см. фотографию). Это позволяет управлять предметами на экране движениями своей руки – поворачивая пульт, встряхивая его и т. д. Каждое движение придаёт пульту ускорение, которое он фиксирует и передаёт в компьютерную память.

Разумеется, математическое соотношение, которым выражается второй закон Ньютона, соблюдается только в инерциальных системах отсчёта. Для неинерциальных систем расчёты требуют коррекции, учитывающей ускорение, с которым движется сама эта система отсчёта. Это же верно и для третьего закона движения, о котором ты узнаешь на следующем уроке.



урок 23

ТРЕТИЙ
ЗАКОН НЬЮТОНА
Равное и противоположное

СЛОВАРЬ:

- третий закон Ньютона (закон действия и противодействия)



Как действует третий закон движения?

Тебе когда-нибудь приходилось видеть старт космической ракеты? А знаешь, как работает ракетный двигатель, как ему удаётся поднять с космодрома и отправить в околоземное пространство огромное техническое сооружение – шаттл или спутник? Это объясняет **третий закон Ньютона**, описывающий взаимодействие между двумя объектами: *каждое действие вызывает противодействие, равное по силе и противоположное по направлению первоначальному действию*. Или,

в другой формулировке: *силы, с которыми два объекта действуют друг на друга, всегда равны по величине и противоположны по направлению*.

Самая же простая и известная формулировка этого закона применяется не только в науке, но даже для характеристики человеческих отношений: «Действие равно противодействию».

Когда ты играешь в теннис, то при ударе ракеткой по мячу чувствуешь: мяч, улетев вперёд, оттолкнул назад ракетку и твою руку вместе с ней. А охотники и военные знают, что в момент выстрела происходит отдача – пуля и пороховые газы, вылетая из ствола вперёд, толкают оружие назад.



Ещё один пример действия равных, но противоположно направленных сил – гребец в лодке. Человек толкает веслом воду назад, прилагая к нему силу. Это действие. Лодка при этом движется вперёд. Это противодействие. Лодка движется вперёд со скоростью, равной силе, приложенной к вёслам. Направление движения лодки противоположно направлению движения вёсел. То же самое произойдёт с тобой, если ты, стоя на

роликах возле стены, оттолкнёшься от неё. Сила твоего толчка заставит тебя покатиться в обратную сторону.

Подобным образом работает и двигатель ракеты. Внутри него воспламеняется реактивное топливо. Раскалённые в результате взрыва газы вырываются из задней части двигателя. Сила этих движущихся назад газов создаёт равную силу, направленную в противоположную сторону, которая и толкает ракету вперёд (вверх).

Ты постоянно испытываешь действие противоположно направленных, но равных сил: даже когда просто сидишь в кресле! Ты не двигаешься, но гравитация тянет твоё тело вниз, и ты давишь всем своим весом на сиденье. При этом кресло оказывает тебе противодействие, направленное вверх и равное по силе твоему весу. Если бы кресло не толкало тебя вверх с той же силой, с какой ты давишь на него вниз, ты бы провалился и упал бы на пол.

То же самое происходит с тобой при ходьбе. Земля толкает твои ноги с такой же силой, с какой они давят на землю. Благодаря этому мы способны перемещаться с места на место.

Третий закон Ньютона часто называют **законом действия и противодействия**. Оглянись вокруг – и попытайся найти другие примеры его действия.



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ТРЕТИМ ЗАКОНОМ НЬЮТОНА

Цель: наблюдение того, как действие вызывает противодействие.

Необходимые материалы: воздушный шар, роликовые коньки.

ОПЫТ 1

Ход работы

1. Надуй воздушный шарик.
2. Отпусти его, не завязывая.

Вопросы

- Что происходит с шариком?
- Почему он может летать по комнате?

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Третий закон Ньютона используют для своих целей не только люди, но и некоторые животные, и даже растения! Кальмары, осьминоги, медузы, каракатицы, морские гребешки и некоторые другие обитатели морей и океанов передвигаются, выбрасывая из задней части тела вбираемую ими



воду. Возникает равная по силе, но противоположная струе по направлению сила, которая толкает их вперёд. А сорняк с забавным названием бешеный огурец с помощью закона действия и противодействия распространяет свои семена. При созревании его плодов в них возникает большое давление. Когда плод отделяется от плодоножки, семена вместе со слизистой оболочкой с силой выбрасываются через образовавшееся отверстие в противоположном направлении.



МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6

Вывод

Когда ты отпустил шарик, из него начал с силой выходить воздух. В результате шарик начал быстро двигаться в противоположную сторону. Здесь действует тот же принцип, что и в двигателе ракеты. Полёт шарика получается не прямым, а извилистым из-за неровностей его формы и особенностей того, как он преодолевает сопротивление воздуха в комнате.

ОПЫТ 2

Ход работы

1. Попроси двух приятелей надеть роликовые коньки и стать лицом друг к другу.
2. Пусть один положит руки на плечи другого, а потом оттолкнёт его назад.

Вопросы

- Что произошло в результате?
- Почему двигаться начали оба участника опыта, а не кто-то один?

Вывод

Тот из приятелей, который толкал второго, откатился в обратную сторону: на него подействовала такая же сила, с какой он нанёс толчок. То же самое происходит, когда ты, стоя на роликах, отталкиваешься от стены – с той только разницей, что стена не движется. Силы упругости, возникающие внутри неё, удерживают её на месте. Но ты всё равно отталкиваешься от неё с той же силой, с какой толкаешь её.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- О чём говорит третий закон Ньютона?
- Почему реакция на действие называется *противодействием*?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Как можно уменьшить отдачу от винтовки?
- Если у космонавта, вышедшего в открытый космос с набором инструментов для ремонта антенны, произошла поломка в системе, которая обеспечивает возврат, и он «повис» на некотором расстоянии от станции, как он может вернуться к ней?



АВИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Знание и использование третьего закона Ньютона очень важны в авиации: принцип действия и противодействия «работает» и для самолётов, и для вертолётотв.

Изучи работу двигателей вертолётотв и самолётотв. Определи, как в каждом случае используется третий закон Ньютона. Нужную тебе информацию ты можешь получить в библиотеке, в интернете, а также в одном из пособий серии «Божий замысел» – «Мир технологий».

ГРАВИТАЦИЯ

Сила, тянущая вниз

урок 24



СЛОВАРЬ:

- гравитация
- закон всемирного тяготения

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- центр масс
- небесная механика



Как действует сила тяготения?

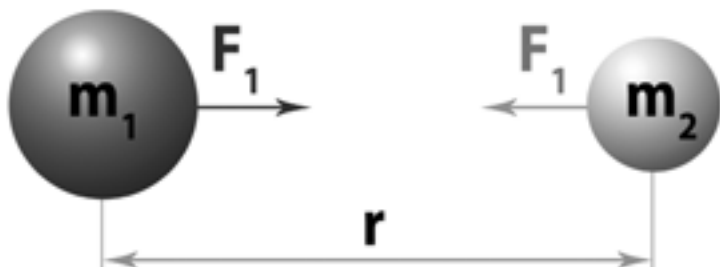
Ты прекрасно знаешь, что любой подброшенный вверх предмет обязательно упадёт. Птицы, самолёты, воздушные шары, даже вода в облаках в конечном счёте – когда на них перестает действовать сила, удерживающая их в воздухе, – возвращаются на землю.

Мы уже не один раз (например, на 19-м уроке) говорили о силе, которая всё притягивает к Земле. Она называется гравитацией. Но действует эта сила не только в отношении нашей планеты и не только в её пределах. **Гравитация** (сила всемирного тяготения, тяготение) – это фундаментальное взаимодействие между всеми объектами, имеющими массу.

Любые два предмета во Вселенной притягиваются друг к другу. Луна и Земля. Земля и камень. Камень и мячик, которым ты играешь. Ты и твой друг, стоящий рядом. В последних двух случаях это притяжение очень слабое (сейчас объясним, почему) – но оно существует. Всё ко всему притягивается – или, можно сказать другим словом: *тяготеет*. Исключений нет.

Открытие гравитации приписывают сэру Исааку Ньютону. Весьма популярна легенда о том, что на мысль о законе всемирного тяготения его натолкнуло яблоко, упавшее с ветки ему на голову. Но, скорее всего, это забавный вымысел. Разумеется, Ньютон не первый обнаружил притяжение Земли. Но он был первым, кто описал тяготение как *универсальную* силу – то есть такую, которая действует во всей Вселенной.

Ньютон изучал гравитацию на протяжении многих лет. После долгих исследований он вывел **закон всемирного тяготения** и смог описать его математически. Этот закон гласит: «Любые два тела притягиваются друг



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Во время выполнения лунной миссии «Аполлон-15» астронавт Дэвид Р. Скотт провёл очень интересный эксперимент. Он одновременно выпустил из рук молоток и перо сокола – и засёк время, за которое они упадут на поверхность Луны. На Земле молоток падает быстрее, потому что сопротивление воздуха замедляет падение пера. Однако на Луне нет атмосферы, поэтому предметы упали одновременно: для этого потребовалось 1,33 секунды.



Дэвид Р. Скотт с пером сокола и молотком в руках

большие объекты, как Луна и планеты. Солнце гораздо больше Земли, и его притяжение должно было бы быть сильнее, но так как оно находится слишком далеко, то для объектов на Земле его влияние не чувствуется.

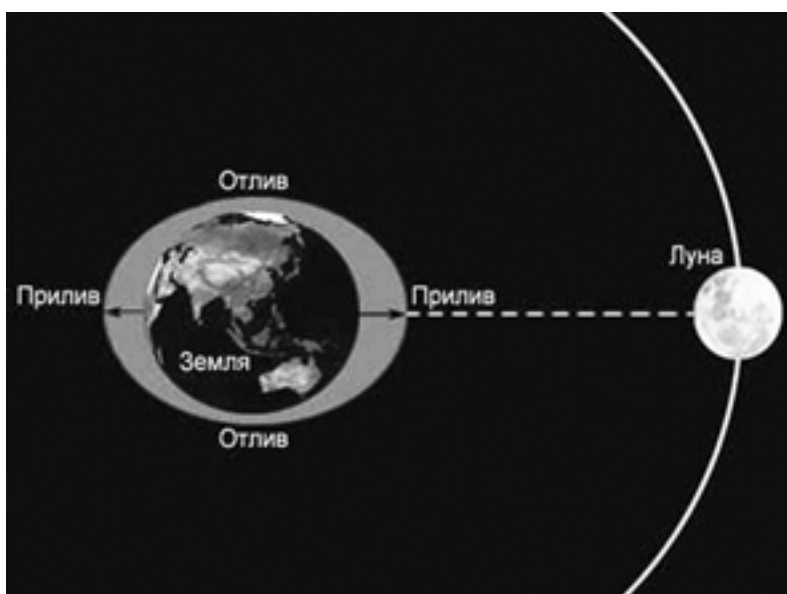
Третья часть закона всемирного тяготения утверждает: сила взаимного притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния между двумя объектами (слово «квадрат» означает, что указанную величину – в данном случае расстояние – нужно умножить саму на себя). Это значит: чем дальше объекты находятся друг от друга, тем меньше сила притяжения между ними. Мы находимся очень близко к Земле, поэтому на нас действует земное притяжение. Но мы далеко от Солнца, планет Солнечной системы и других

к другу с силой, которая пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними».

Такая формулировка может показаться сложной, поэтому давай рассмотрим её по частям. Первая часть закона говорит, что два любых тела (объекта) притягиваются друг к другу. Это означает, что все объекты оказывают гравитационное притяжение (притягивают другие объекты). Причём в каждом случае правильнее говорить не о силе притяжения одного объекта другим, а о силе их *взаимного притяжения*.

Затем утверждается, что сила притяжения между двумя объектами пропорциональна их массам. Это значит: чем массивнее объект, тем сильнее притяжение, которое он оказывает. Масса Земли несравнимо больше любого объекта, который на ней находится, поэтому она оказывает гораздо большее притяжение, чем любой объект на Земле.

Гравитация – это *слабое взаимодействие*, поэтому мы ощущаем только притяжение, которое оказывают такие



Приливы и отливы возникают в результате действия на океанскую воду силы притяжения Луны

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ
1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ
2

КИНЕМАТИКА
3

ДИНАМИКА
4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ
5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ
6

звёзд, и их притяжение не оказывает на нас существенного влияния.

Гравитация влияет на всё, что происходит не только на Земле, но и во всей Вселенной. Луна вращается вокруг Земли, а Земля – вокруг Солнца; это происходит благодаря силе притяжения между ними. Гравитационное воздействие Луны притягивает воду в земных океанах и вызывает приливы и отливы.

Господь Бог установил во Вселенной порядок и устроил всё по единым законам. Он создал и использует силу притяжения – гравитацию – для того, чтобы поддерживать всё в движении.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Чтобы хорошо разобраться в трёх законах Ньютона и запомнить, который из них к чему относится, нужно время. Тебе может помочь в этом короткая шуточная формулировка этих законов, которая облегчила запоминание многим людям:

- 1-й закон: не пнёшь – не полетит;
- 2-й закон: как пнёшь, так и полетит;
- 3-й закон: как пнёшь, так и получишь.



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ГРАВИТАЦИЕЙ

Цель: понять, как вес и масса предметов влияют на силу притяжения.

Необходимые материалы: большая книга, шариковая ручка, лист бумаги, равный книге по длине и ширине. *(Книгу для опыта нужно взять только ту, которую разрешат родители: это должен быть старый и уже ненужный справочник или каталог!)*

Ход работы

1. Возьми в одну руку книгу, а во вторую – ручку. Держи их на уровне талии. Что тяжелее: книга или ручка? Ты помнишь, что вес и масса – разные характеристики. Но пока ты держишь предметы в руках, их вес зависит от массы. Поэтому мы можем узнавать о массивности (большей массе) предмета по тому, что его вес больше, чем у другого.
2. Отпусти оба предмета одновременно и обрати внимание, когда они упадут на пол. Это произойдёт почти одновременно («почти» – из-за того, что один из предметов мог немного задержаться в руке). Хотя книга тяжелее (а значит, и массивнее), она падает на пол за тот же промежуток времени, что и ручка.
3. Возьми книгу и лист бумаги и держи их на уровне талии. Попробуй предсказать, какой предмет упадёт на пол первым.
4. Урони оба предмета. Коснулись ли они пола одновременно? Нет, лист бумаги падал медленнее, чем книга. Это потому, что у бумаги маленькая масса? Нет, хотя от массы в данном случае кое-что зависело. Падение листа бумаги было замедлено сопротивлением воздуха, которым заполнено пространство вокруг нас. Молекулы газов, содержащихся в воздухе, мешают падать и книге, и листу бумаги. А поскольку и книга, и лист достаточно широкие, они во время падения сталкиваются с большим количеством молекул. Но книга обладает большей инерцией, так как у неё больше масса; поэтому на неё влияет меньшее сопротивление воздуха, чем на лист бумаги.
5. Положи лист бумаги на книгу и отпусти их вместе. С одинаковой ли скоростью (точнее, с одинаковым ли ускорением) они падают? Да. Книга не даёт молекулам воздуха врезаться в лист. Оказывается, что без сопротивления разница в массе листа и книги не влияет на время их падения.

6. Сомни бумагу в небольшой шарик. Повтори опыт, отпустив одновременно книгу и бумажный шарик. Вместе ли они упали на пол? Скорее всего – да, потому что площадь поверхности бумажного листа во много раз уменьшилась, и сопротивление воздуха при его падении стало минимальным. Хотя его масса не изменилась, шарик падает быстрее, чем развёрнутый лист. Оказывается, замедление падения листа было связано не столько с его массой, сколько с формой.

Самостоятельно сформулируй вывод из проделанного опыта. На следующем уроке ты сможешь проверить, правильно ли понял и объяснил увиденное.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое гравитация?
- От каких двух величин зависит сила взаимного притяжения двух объектов?
- Кто открыл законы движения и закон всемирного тяготения?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему ты не ощущаешь силу гравитационного притяжения других людей?
- Земля слегка сплюснута у полюсов; означает ли это, что люди на экваторе испытывают большее или меньшее гравитационное притяжение, чем на полюсах?
- Какое гравитационное притяжение испытывают люди на крыше небоскрёба по сравнению с теми, кто находится на земле?
- У Луны и астронавта на её поверхности взаимное притяжение больше или меньше, чем у тебя и Земли? Почему?
- Притягивает ли Земля космический корабль, находящийся на околоземной орбите?



СИЛА ГРАВИТАЦИОННОГО ПРИТЯЖЕНИЯ

Закон всемирного тяготения говорит, что сила тяготения между объектами прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Это можно записать в виде уравнения:

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

Здесь F – это сила гравитационного притяжения, G – коэффициент пропорциональности, или гравитационная постоянная, m_1 и m_2 – массы двух объектов, r^2 – расстояние между объектами, умноженное само на себя.

Запомни очень важное уточнение: для определения силы притяжения расстояние между объектами измеряется не между их поверхностями, а между центральными точками внутри них. Такая центральная точка называется **центр масс**. Взаимное притяжение двух объектов происходит так, словно вся их масса сосредоточена в этих

точках, которые только и взаимодействуют друг с другом!

Из записанного выше уравнения мы видим: если заменить один объект другим, который в два раза массивнее, то сила тяжести увеличится в два раза. Верно и обратное: при замене одного объекта на такой, масса которого в два раза меньше, сила тяжести в два раза уменьшится. Это и означает, что сила тяжести прямо пропорциональна массе объекта.

Так как расстояние находится в знаменателе уравнения, мы понимаем, что при уменьшении расстояния сила притяжения увеличивается, и наоборот. Это – обратно пропорциональная зависимость. Сила тяжести обратно пропорциональна расстоянию. Причём сила притяжения слабеет гораздо быстрее, чем увеличивается расстояние. Ведь в формуле присутствует расстояние, *взятое в квадрате*. Поэтому если расстояние уменьшится в 2 раза, то сила увеличится на 2×2 , то есть в 4 раза. При увеличении расстояния между центрами масс объектов в 3 раза сила притяжения уменьшится в 9 раз.

Теперь ты можешь понять, почему масса и вес в одинаковых условиях тоже прямо пропорциональны друг другу. Вспомни определение веса: это сила, с которой объект давит на опору или растягивает подвес. Она возникает в результате действия гравитационного притяжения: Земля притягивает объект, но преграда или подвес не дают ему упасть, сопротивляясь силе притяжения силой своей упругости. А сила притяжения, в свою очередь, прямо пропорциональна каждой из масс притягивающихся объектов. Масса Земли, взаимодействующей с каждым из объектов, постоянна. Поэтому во сколько раз больше масса одного из объектов, во столько раз сильнее он будет действовать на помеху, которая мешает ему упасть. Если два объекта, масса одного из которых превышает массу второго в 2 раза, поместить в воду, вес каждого из них уменьшится за счёт действия выталкивающей силы. Но новый показатель веса у первого объекта по-прежнему будет в два раза больше, чем вес второго – как было и до их погружения.

Поскольку гравитация действует во всей Вселенной, то есть имеет глобальный характер, именно она «ответственна» и за элементарные явления (такие как притяжение Земли и падение на неё объектов), и за крупномасштабные взаимодействия – такие как орбиты планет, «чёрные дыры», структура галактик. Большие космические объекты – планеты, звёзды и галактики – обладают огромной массой и, соответственно, создают значительные *гравитационные поля*. Раздел механики, изучающий движение объектов (космических тел) в пустом пространстве только под действием гравитации, называется **небесной механикой**.

Небесная механика, в первую очередь, изучает поведение объектов Солнечной системы: планет, их спутников, комет и др. Именно этот раздел науки занимается вычислением положения Луны и планет, предсказанием места и времени затмений – в общем, определением реального движения космических тел.

Раздел небесной механики, изучающий движение искусственных космических тел (искусственных спутников, межпланетных зондов, космонавтов, вышедших в открытый космос), называется *астродинамикой*.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Гравитационная постоянная – это неизменная величина, присутствующая при вычислении гравитационного взаимодействия любых двух объектов. Обычно в формулах она обозначается буквой *G*. Согласно последним уточнённым расчётам, её численная величина приблизительно равна 6,67384.

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

КИНЕМАТИКА

ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



урок 25

ПАДАЮЩИЕ ТЕЛА Ничем не удерживаемые



СЛОВАРЬ:

- ускорение свободного падения
- предельная скорость



Чему равно ускорение при падении?

В течение многих веков лишь очень немногие исследователи ставили опыты, чтобы проверить свои умозаключения. Большинство учёных от Аристотеля до Галилея пытались объяснить свои предположения логически, не проводя никаких экспериментов, чтобы наглядно доказать свою правоту.

Итальянец Галилео Галилей применил другой подход: он начал проверять теорию экспериментом. В то же время в Англии жил другой великий учёный, сэр Фрэнсис Бэкон, который также был убеждён, что научное исследование можно проводить только на основании опытов.

Ему даже приписывают «изобретение» метода научного познания. Таким образом, Галилей и Бэкон считаются основателями современной экспериментальной науки.

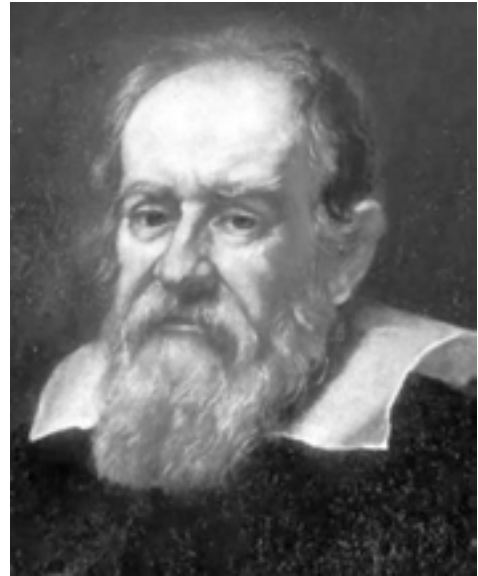
Среди наиболее важных экспериментов Галилея – эксперименты с падающими телами. (Ты, наверное, уже понял, что в механике и других разделах физики слово «тело» обозначает то же самое, что и «объект»). До того, как начать эксперимент, Галилей обдумывал явление, которое изучал, и делал какие-то предварительные выводы – но на этом не останавливался. Чтобы проверить, правильными ли являются его выводы, он проводил эксперименты. Сегодня такая последовательность действий – основа научного метода познания.

Размышляя о скорости падения тел, Галилей усомнился в истинности мнения древнегреческого естествоиспытателя Аристотеля, который считал, что тяжёлые предметы падают быстрее лёгких. Подтвердить или опровергнуть его сомнения должен был эксперимент.



Сэр Фрэнсис Бэкон

Галилей взял два предмета одинакового веса и бросил их вниз с определённой высоты, зная, что они упадут на землю одновременно. (Существует предание, что он делал это, поднявшись на наклонную башню в итальянском городе Пиза). При этом учёный засёк время, потребовавшееся для падения. Затем он связал между собой эти два предмета тонкой цепочкой и снова бросил вниз. Оба предмета опять упали на землю одновременно. Он снова укоротил цепь. Предметы упали одновременно. Наконец Галилей укоротил цепь настолько, что предметы соприкасались между собой: можно было считать, что это один предмет с удвоенной массой. Но они снова упали за то же время, что и раньше. Один тяжёлый предмет находился в падении столько же времени, что и два более лёгких.



Галилео Галилей



Пизанская башня

Тогда Галилей стал бросать вниз пары предметов с разной массой. Но независимо от разницы в массе они касались земли одновременно. Только некоторые очень лёгкие предметы задерживались в падении. Это привело Галилея к мысли, что такая задержка зависит не от их массы, а от сопротивления воздуха. Он проверил и эту теорию и доказал, что она была правильной.

Галилей также обнаружил, что скорость падения любого предмета изменяется. Чем дольше объект падает, тем больше становится его скорость. Галилей выяснил, что это ускорение равномерно и одинаково для всех объектов на Земле. Впоследствии оно стало называться **ускорением свободного падения**. В формулах его обычно обозначают строчной буквой **g** (произносится «жэ»).

У Галилея не было инструментов для точного измерения этого ускорения, но позже учёные вычислили, что ускорение свободного падения возле поверхности Земли составляет $9,81 \text{ м/с}^2$. Это означает, что каждую секунду скорость падения объекта увеличивается на $9,81 \text{ м/с}$. Если ты уронишь предмет с высоты, через 1 секунду падения его скорость будет

составлять $9,81 \text{ м/с}$, через 2 секунды – $19,62 \text{ м/с}$ и так далее.

Ускорение свободного падения зависит от силы притяжения. Поэтому на других планетах его значение будет другим, потому что их гравитация отличается от земной. Будет изменяться оно и по мере удаления от Земли – так как гравитационное взаимодействие предмета и Земли будет слабеть из-за увеличения расстояния между центрами их масс.

Объекты, падающие с огромной высоты – например из самолёта, – могут достигнуть большой скорости. Однако идеальное свободное падение возможно лишь в вакууме, где нет силы сопротивления воздуха и все тела, независимо от

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Свойство объектов терять в свободном падении вес используется, например, для предполётной тренировки космонавтов. Они взлетают на высоту 11 км на специальном самолёте, салон которого покрыт мягким материалом. Затем пилот, ведя самолёт по особой траектории, начинает резкое снижение, придавая машине ускорение, равное g и направленное вниз. В таком состоянии самолёт может находиться до 40 секунд – и на протяжении этого времени его пассажиры испытывают невесомость, свободно паря в салоне.



их массы и формы, падают одинаково быстро. В реальных земных условиях для любого тела существует предел, после которого скорость его падения перестаёт увеличиваться – из-за того, что молекулы воздуха толкают его вверх. Пока скорость падающего тела ещё мала, невелика и сила сопротивления воздуха; но по мере возрастания скорости падения растёт и эта сила. В какой-то момент она уравнивает силу притяжения, и та перестаёт придавать объекту новое ускорение. С этого момента скорость падения не увеличивается. Такая максимальная скорость, с которой в атмосфере может падать тот или иной конкретный объект, называется его **предельной скоростью падения**. Она зависит от плотности атмосферы, от силы притяжения тела Землёй (или другой планетой) и от формы и размеров самого тела. Если масса тела совсем невелика, это тоже ограничивает предельную скорость его падения – у такого тела маленькая инерция, и она плохо противодействует сопротивлению воздуха.

Объекты с маленькой инерцией – например мелкие капли воды, пылинки, снежинки – быстро достигают своей предельной скорости. Дождевые капли падают на землю со скоростью, обычно не превышающей 7–8 м/с; чем меньше капля – тем меньше и скорость её падения. Если бы дождь шёл в безвоздушном пространстве, то при падении на землю с высоты 2 км его капли развивали бы, независимо от своих размеров, скорость 200 м/с

(как и всякое другое тело при падении с той же высоты в вакууме). При такой скорости удары капель дождя были бы весьма неприятны и даже смертельно опасны!

Ещё об одном свойстве падающих предметов мы уже упоминали. Свободно падающие тела полностью теряют свой вес. Это и понятно: сила (а вес, как ты помнишь, – это сила), которая раньше давила на опору или растягивала подвес, при падении полностью тратится на то, чтобы придавать телу ускорение свободного падения.

Чтобы убедиться, что объекты в процессе падения ничего не весят, исследователи проводили эксперименты: роняли различные предметы вместе с соединёнными с ними пружинными весами – и наблюдали за их показаниями во время падения. Пружина весов ослабевала, и стрелка указывала на нулевую отметку.

Разумеется, сопротивление воздуха в атмосфере не позволяет и этому свойству падающих тел проявиться полностью. Парашютисты знают, что полную невесомость



они испытывают лишь в первые мгновения после прыжка из самолёта. По мере возрастания скорости их падения растёт и сопротивление воздуха, играющего роль опоры, на которую они давят; то есть вес частично возвращается к ним ещё до момента открытия парашюта.



БОЛЬШОЕ ПАДЕНИЕ ЯЙЦА

Поскольку падающие объекты ускоряются, люди изобретают приспособления, способные замедлить падение. Например, парашют предназначен для того, чтобы увеличить сопротивление воздуха настолько, насколько это возможно, и замедлить скорость падения человека в воздухе.

Используй всё своё воображение и придумай такой контейнер, который мог бы защитить сырые яйца от действия гравитации во время падения. Таким контейнером может быть всё что угодно, что разрешат использовать взрослые. Сооруди контейнер в соответствии со своим замыслом, помести в него сырое яйцо и брось его с высоты, по крайней мере, 2 метра. Посмотри, выдержит ли яйцо падение. Если тебе повезло, попробуй бросить его с большей высоты.

Играет ли роль высота, с которой ты бросаешь контейнер? Почему?

Не забудь спросить разрешения взять яйцо, а также уберечь за собой, если опыт был неудачным.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что узнал Галилей об особенностях падения тел и их ускорении?
- Чему равна скорость свободного падения?
- Почему падающие в атмосфере тела имеют предел скорости?
- Почему тела в свободном падении ничего не весят?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Почему важно проверять свои теории, ставя эксперименты?
- Все ли теории можно проверить экспериментально?
- Какая пуля упадёт на землю первой: вылетевшая из пистолета с выстрелом или выпавшая из дула?
- Если пассажир тренировочного самолёта не ожидает возникновения невесомости, как он объяснит, что относительно его системы отсчёта он потерял вес неожиданно и без всякой видимой причины?



УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

Житейский опыт упорно подсказывает нам, что «тяжёлые» предметы должны падать быстрее «лёгких». Но мир, созданный Богом, подчиняется не нашей «логике», нередко обманчивой, а строгим законам, заложенным в мир Творцом. Как тебе известно, на время падения различных предметов с одинаковой высоты не влияют ни их вес (который вообще отсутствует во время падения),

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Ускорение свободного падения вызывается действием силы притяжения и зависит от её величины – а значит, и от расстояния между центрами масс Земли и падающего на неё объекта. Поэтому с увеличением этого расстояния ускорение свободного падения слабеет. Если измерить его очень точными приборами на крыше 12-этажного здания и внизу, можно заметить разницу, хотя для такой высоты она будет очень незначительной.

ни их масса. Это подтверждается многочисленными экспериментами.

Давай теперь разберёмся, *почему* так получается, *почему* скорость и ускорение падающих предметов не зависят от их массы. Это становится понятным, когда знаешь законы движения и гравитационного взаимодействия.

Во-первых, вспомним закон всемирного тяготения. Предположим, ты бросаешь с крыши какого-то здания два мяча: один – массой 100 г, а другой – массой 1 кг. Какая сила притяжения действует на каждый из них? Запишем ещё раз формулу:

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

Для обоих мячей в этом уравнении будут одинаковыми гравитационная постоянная (**G**), расстояние, которое пролетит мяч (**r**), и масса Земли (**m₁**).

Разница между двумя уравнениями будет лишь в массе каждого мяча (**m₂**). Значит, сила их притяжения будет отличаться во столько раз, во сколько масса одного мяча больше массы другого. Сила тяготения, действующая на мяч массой 1 кг, в 10 раз больше, чем для мяча массой 100 г.

Но воздействия, которые испытывают мячи, не ограничиваются силой притяжения, поэтому закона всемирного тяготения нам недостаточно. Необходимо также вспомнить первый и второй законы Ньютона.

Согласно первому закону движения, инерция объекта сопротивляется воздействию на него любой силы и изменению его скорости. У мяча массой 1 кг инертность больше, чем у мяча массой 100 г. Второй закон Ньютона гласит, что сила, действующая на объект, равна его массе, умноженной на полученное этим объектом ускорение (**F=ma**). Значит, чтобы узнать величину ускорения, нам нужно силу (в данном случае это сила притяжения) разделить на массу объекта: **a=F/m**.

Итак, сила притяжения, действующая на мяч массой 1 кг, в 10 раз больше, чем на мяч массой 100 г, – но его инерция тоже в 10 раз больше. Чтобы узнать, какое ускорение будет испытывать первый мяч в сравнении со вторым, мы десятикратно большую силу делим на десятикратно большую массу. Не удивительно, что в обоих случаях мы получим одинаковый результат – ускорение обоих мячей будет одинаковым.

Ещё раз: на более массивный предмет действует большая сила притяжения; но он и сопротивляется ускорению сильнее во столько же раз, во сколько больше действующая на него сила. Поэтому все предметы (объекты, тела) падают с одинаковой высоты за одинаковое время, развивая одинаковое ускорение. Сопротивлением воздуха мы при этих расчётах пренебрегаем.



Одновременно ли коснулись земли эти два мяча, если они падали с одинаковой высоты?

ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ

Что там, в середине?

урок 26



СЛОВАРЬ:

- центр тяжести
- равновесие (баланс)
- устойчивое равновесие
- неустойчивое равновесие
- безразличное равновесие
- площадь опоры



Каким бывает равновесие?

Ты видел в цирке акробатов-эквилибристов? Это артисты, которые, становясь на плечи и головы друг другу, формируют пирамиды или держат один другого на высоких, ничем не закреплённых шестах. Или, может, кто-то из твоих знакомых умеет балансировать на одном колесе велосипеда? Как люди могут сохранять равновесие в таких сложных ситуациях?

Это возможно потому, что они знают, где находится их центр тяжести, и умеют использовать это знание.

Архимед дал такое определение **центра тяжести**: «Центром тяжести каждого тела является некоторая расположенная внутри него точка – такая, что если за неё мысленно подвесить тело, то оно остаётся в покое и сохраняет первоначальное положение». Добавим к этому два уточнения. Первое: предмет, мысленно подвешенный за точку центра его тяжести, сохранит

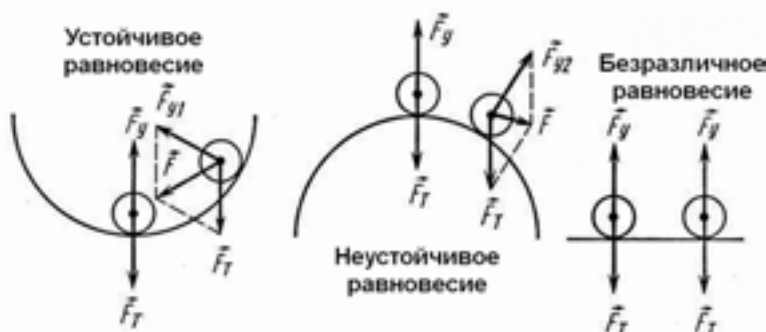
любое положение, какое бы мы ему ни придали. И второе: центр тяжести в некоторых случаях может находиться вне предмета. Например, попробуй себе представить, что ты подвешиваешь лежащее на столе обручальное кольцо за любую его точку (на поверхности или внутри), чтобы оно осталось на весу в том же положении, в каком лежало. Очень скоро ты поймёшь, что такой точки в самом кольце попросту нет. Центр его тяжести находится в его центре – там, где пустое место!

А если подвесить тело за любую другую точку? При этом оно обязательно повернётся так, чтобы центр тяжести находился как можно ниже. В результате



он окажется в точности под нитью, на которой подвешен предмет. Отвесно направленная к земле прямая линия, участок которой совпадает с этой нитью, будет проходить через центр тяжести. Именно в таком положении любой объект достигает состояния **равновесия**, или **баланса**, при котором сумма всех сил, действующих на каждую его частицу, равна нулю.

Если центр тяжести смещается в сторону от линии нити, состояние равновесия нарушается. Но как только сила, отклонившая предмет, перестаёт действовать, предмет тут же возвращается в то положение, при кото-



Примеры устойчивого, неустойчивого и безразличного равновесия шарика, лежащего в ямке, на возвышении и на ровной поверхности. Подумай и объясни, как эти состояния связаны с положением центра тяжести шарика

F_T – сила тяжести

F_y – сила упругости опоры

F – равнодействующая сила

ром его центр тяжести находится на воображаемом продолжении подвеса. Такое равновесие, при нарушении которого тело стремится вернуться в прежнее положение, называется **устойчивым равновесием**.

А если мы не подвесим тело, а попытаемся подпереть его снизу так, чтобы оно достигло равновесия, балансируя на опоре? Попробуй положить на стол карандаш, а на него – линейку, чтобы она не падала. Если ты будешь настойчив и аккуратен, то после нескольких неудач-

ных попыток сможешь этого добиться. Равновесие наступит только тогда, когда центр тяжести линейки окажется на одной отвесной линии с точкой опоры. Обрати внимание: в случае с подвесом место его крепления располагалось выше центра тяжести объекта; а место соприкосновения опоры с объектом находится ниже его центра тяжести. Подвес не оставлял центру тяжести возможности занять ещё более низкое положение, и равновесие было устойчивым. В случае же с опорой, если равновесие будет нарушено, центр тяжести начнёт перемещаться вниз. Поэтому тело не вернётся в первоначальное положение, а будет продолжать движение, пока во что-нибудь не упрётся: в земную поверхность или, в нашем опыте, в крышку стола. Такое равновесие называется **неустойчивым равновесием**.

Поэтому при заполнении грузом вагона, тележки или кузова грузовика нужно равномерно распределять вес по площадке между колёсами. Если сместить груз в одну сторону, транспортное средство будет неустойчивым и перевернётся.

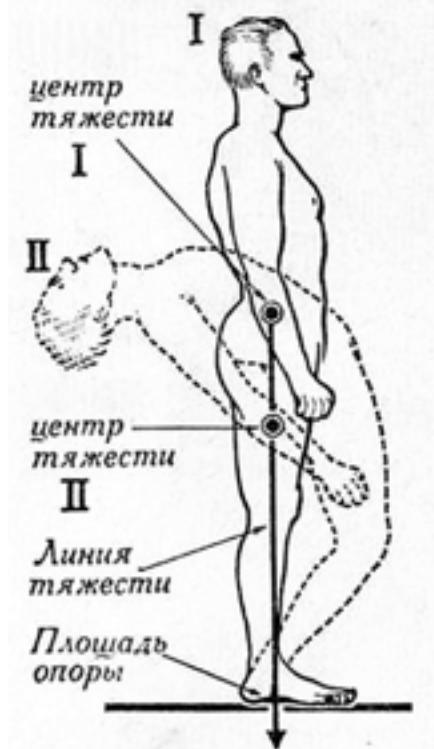
Нужное расположение центра тяжести объекта относительно места его крепления используется людьми очень часто. Например, качели в виде доски, на которую

с каждой стороны садится по ребёнку, закреплены на опоре, расположенной снизу. Поэтому они постоянно теряют равновесие, и чтобы качаться, обоим участникам развлечения нужно по очереди прилагать силу, отталкиваясь от земли ногами.

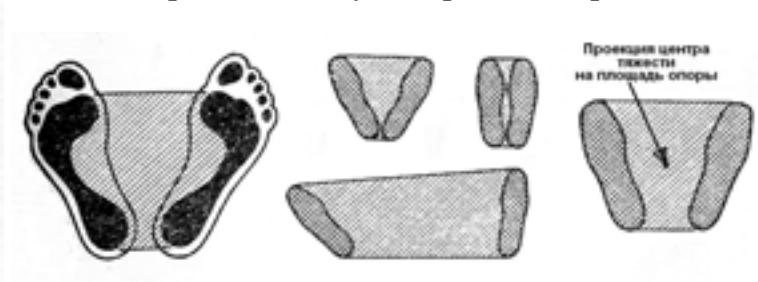
Можно немного изменить конструкцию таких качелей: просверлить доску через боковую грань насквозь – так, чтобы отверстие проходило через её центр тяжести; затем вставить в это отверстие ось, и уже эту ось закрепить на опоре. Но качаться после этого будет не очень интересно. При равной нагрузке на оба плеча доска будет часто замирать в воздухе, не достигая земли. Ведь в этом случае она закреплена точно в центре тяжести – а значит, любое её положение будет равновесным. Такое состояние, когда любые смещения центра тяжести не вызывают никаких реакций, называется **безразличным равновесием**.

Устойчивость тел зависит также от **площади опоры** – поверхности между точками, на которые предмет опирается. Поэтому объекты, у которых есть несколько точек опоры, устойчивее тех, у которых такая точка всего одна. Кинокамеры, телескопы и другую оптическую технику закрепляют на треногах; столы и стулья обычно делают с четырьмя ножками, а не с одной. В случае, когда вертикальная линия, опущенная из центра тяжести, попадает в центр площади опоры, равновесие легко сохраняется при любых наклонах объекта. По мере приближения вертикали к краю площади опоры равновесие становится все более неустойчивым. При выходе отвесной линии за пределы площади опоры предмет падает.

Именно поэтому люди для большей устойчивости (например, выполняя физические упражнения) широко расставляют ноги. Этим они увеличивают площадь своей опоры (см. схему). Цирковые акробаты во



Положение центра тяжести тела зависит от его положения в пространстве. Но устойчивым это положение будет только при правильном соотношении центра тяжести и площади опоры



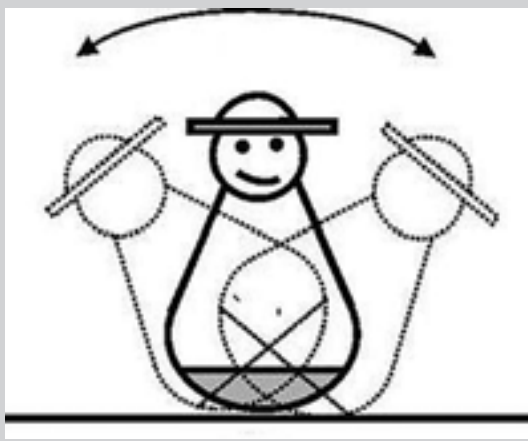
Площадь опоры человека в зависимости от положения его ног

время своих номеров должны постоянно располагаться так, чтобы их общий центр тяжести находился прямо под ногами самого нижнего партнёра, твёрдо стоящего на арене. Если их центр тяжести сместится оттуда – все они упадут. А сложнее всего держать баланс канатоходцам: ведь у них площадь опоры ничтожно мала. Поэтому они берут в руки длинный шест или другие приспособления, чтобы, балансируя ими, управлять центром тяжести (который у них становится общим с этим приспособлением).

Центр тяжести тела человека находится в брюшной полости, впереди позвоночника. У детей он расположен ниже, чем у взрослых, у мужчин – выше, чем у женщин.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Чем выше располагается центр тяжести объекта, тем он неустойчивее. И наоборот: низко расположенный центр тяжести обеспечивает предмету устойчивость. На этом принципе построена знаменитая детская игрушка – кукла-неваляшка. Внутри она пустая, и лишь в самом низу заполнена тяжёлым содержимым. При любом толчке или наклоне низкий центр тяжести смещается вверх – и тут же стремится назад, а неваляшка снова возвращается в вертикальное положение.



Ещё один способ, которым мы пользуемся буквально на каждом шагу, чтобы сохранять равновесие, – это изменение формы тела. Мы можем отставить в сторону руку или ногу, согнуться в пояснице, изменить положение головы и т.д. При этом наш центр тяжести смещается. Управляя его смещением, мы можем удержаться на ногах даже в критических ситуациях (например, поскользнувшись).

Когда маленький ребёнок учится ходить, он часто падает, потому что не умеет держать равновесие, управлять смещением своего центра тяжести. Но когда мы вырастаем, то уже не задумываемся над этим: наш мозг научился поддерживать наше равновесие автоматически. То же самое происходит при обучении езде на велосипеде, когда нужно научиться постоянно держать центр тяжести над педалями.



ОПЫТЫ С ЦЕНТРОМ ТЯЖЕСТИ

Цель: понять, как расположение центра тяжести влияет на устойчивость.

ОПЫТ 1.

Равновесие тела, как ты знаешь, зависит от положения центра тяжести по отношению к площади опоры. Мы можем смещать его, и это позволяет нам совершать многие сложные движения. Но существуют упражнения, которые, несмотря на кажущуюся простоту, выполнить практически невозможно.

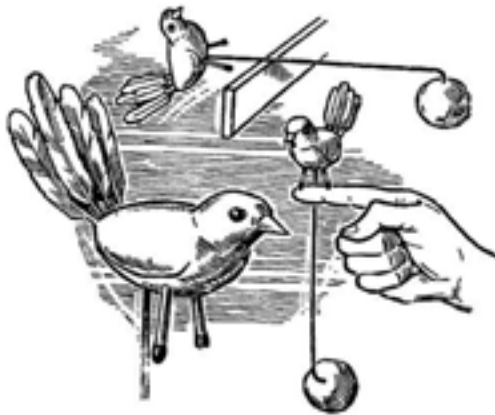
Встань к стене, касаясь её спиной и пятками. Попробуй наклониться и достать пальцев ног, не сгибая при этом колени. Даже если ты легко делаешь это посреди комнаты, возле стены у тебя ничего не выйдет. Чтобы уравновесить своё новое положение, тебе необходимо сместить центр тяжести назад. Но стена мешает тебе это сделать. Если ты всё же очень сильно будешь тянуться к ногам, то опрокинешься и упадёшь.

Теперь отойди на один шаг, повернись к стене, наклонись вперёд и упрись в неё лбом. Поставь руки на пояс и держи корпус ровно. После этого



Сможешь объяснить, почему волк из мультфильма потерял равновесие?

попробуй выпрямиться. Ты не сможешь этого сделать, потому что в такой позе центр тяжести находится уже не над площадью твоей опоры. Тебе придётся или изменить форму тела (переставить одну ногу, согнуться в пояснице, протянуть вперёд руки и оттолкнуться ими от стены), или оставаться в таком положении, пока не надоест.



ОПЫТ 2.

Необходимые материалы: пластилин, две спички, мягкая проволока длиной 10–14 см (например, разогнутая скрепка), гайка.

Ход работы

1. Сделай из пластилина небольшую фигурку воробья. Лапки сделай из спичек. Можешь при желании дополнительно украсить птичку: сделать клюв из семечка подсолнуха, глаза – из головок спичек, хвост из нескольких маленьких пёрышек.
2. В заднюю часть фигурки, позади лапок, воткни снизу проволоку.
3. Согни нижний конец проволоки крючком и укрепи на нём противовес: плотный шарик из пластилина или достаточно тяжёлую гайку.
4. Посади воробья на палец. Будет ли он устойчиво держаться на лапках?
5. Посади фигурку на край стола, на ручку ложки, на ветку во дворе. Сохраняет ли она устойчивость?

Вывод

Если груз на проволоке достаточно тяжёлый, воробей проявляет чудеса устойчивости. Это происходит из-за того, что его центр тяжести находится ниже точки опоры. В результате он пребывает в устойчивом равновесии. Ты можешь даже осторожно покачать его на пальце: птичка будет упорно возвращаться в прежнее положение.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Что такое центр тяжести?
- Какие разновидности равновесия ты знаешь?
- Что зависит от площади опоры?
- Где находится центр тяжести твоего тела?
- Как ты можешь перемещать свой центр тяжести?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Всегда ли центр тяжести находится в геометрическом центре объекта?
- Как состояние устойчивого или неустойчивого равновесия объекта связано с его потенциальной энергией?



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ

Определить центр тяжести объекта правильной формы – например сферы или кольца – довольно легко. Однако большинство объектов обладают неправильной формой. Как находить их центр тяжести?

Цель: найти центр тяжести объектов неправильной формы.

Необходимые материалы: картон, ножницы, дырокол, канцелярские кнопки, нитки, гайка или другой груз, линейка, карандаш.

Ход работы

1. Нарисуй на картоне фигуры неправильной формы.

2. Вырежи их.

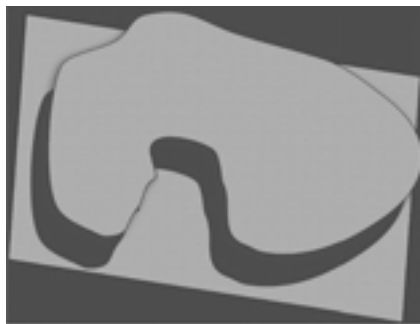
3. При помощи дырокола сделай на каждой фигуре по 4 отверстия на одинаковом расстоянии от края.

4. Повесь фигуру за одно из отверстий, используя для этого канцелярскую кнопку.

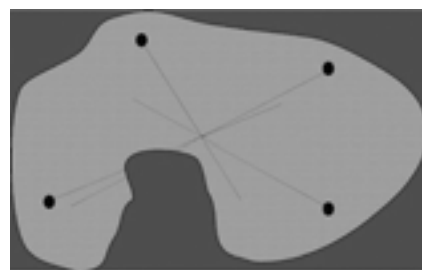
5. Привяжи к нитке гайку (или другой груз), а второй её конец прикрепи к кнопке. Нить должна быть натянута вниз под весом груза.

6. С помощью линейки проводи линию там, где проходит нить.

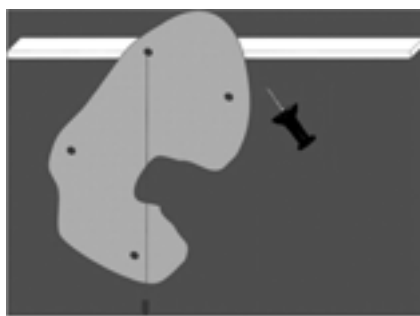
7. Повтори пункты 4–6 для каждого из четырёх отверстий.



Шаги 1 и 2



Шаги 3 и 6



Шаги 4–5



Заключительный шаг

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В обычных условиях, когда гравитация постоянна, центр тяжести любого предмета совпадает с центром его масс. Тем не менее оба эти центра зависят от разных причин. В особых условиях – в космических масштабах, когда на объект действует переменная сила притяжения, – центр тяжести и центр масс объекта совпадать не будут.

Вывод

Все четыре проведённые тобой линии пересекутся в одной точке. Это и есть центр тяжести вырезанной тобой фигуры (её толщину мы не будем сейчас принимать во внимание). В этой точке соблюдается её равновесие. Попробуй балансировать фигуру на пальце (или кончике карандаша), упираясь в точку пересечения линий.

часть 5

КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Особенности кругового движения
- Центробежная и центростремительная силы
- Движение спутников и планет
- Периодическое движение на примере маятника

ТЕМЫ УРОКОВ

урок 27. КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ	122
урок 28. ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ	128
урок 29. ПЕРИОДИЧЕСКОЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	135
урок 30. МАЯТНИК.....	140



урок 27

КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Бег по кругу



СЛОВАРЬ:

- баллистика
- центростремительная сила
- инерция вращения

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- центробежная сила
- фиктивные силы (силы инерции)



Как действует центростремительная сила?

Что происходит, когда на неподвижный (в нашей системе отсчёта) объект воздействует какая-нибудь сила? Он начинает двигаться по прямой линии в направлении действия силы. Это легко продемонстрировать на примере шаров на бильярдном столе. Когда игрок бьёт по шару кием, этот шар начинает двигаться по прямой до тех пор, пока не столкнётся с бортиком или с другим шаром.

Однако в жизни ты на каждом шагу видишь, как множество объектов движется (не на плоской поверхности) по изогнутым траекториям. Значит, движение не всегда происходит по прямой линии. Означает ли это, что на такие объекты не распространяется действие законов Ньютона? Нет. Это означает, что на эти объекты действует не одна, а большее количество сил.

Например, когда ты хочешь попасть мячом в цель, ты бросаешь его, прилагая силу горизонтально, параллельно земле. Мяч движется в этом направлении, но одновременно с этим падает. В результате его траектория напоминает дугу. Если ты кинешь мяч не в горизонтальном направлении, а подбросишь его вверх, он всё равно будет двигаться по дуге. Это происходит, потому что гравитация тянет мяч вниз в то время, как сила твоего броска направила его вверх и вперёд.

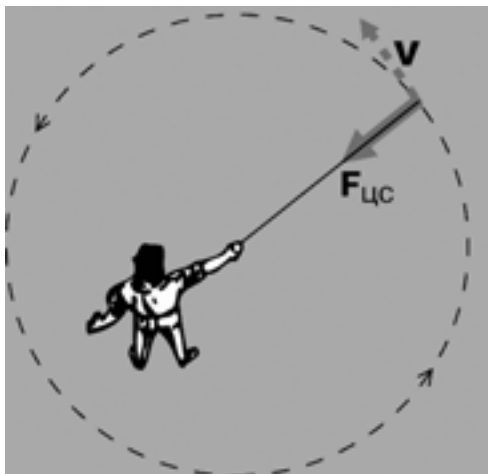
Изучением движения брошенных объектов в воздухе занимается раздел науки, называемый **баллистика**. По дуге двигаются и пули, и ядра, и артиллерийские снаряды.



Траекторию брошенного тобой мяча определяет не только сила броска, но и сила земного притяжения

Другие объекты двигаются, описывая окружности. Такое движение, соответственно, называют *круговым движением*. Давай разберёмся, какие силы действуют на него, заставляя постоянно менять направление.

На первом уроке ты ставил опыты с теннисным мячом – в том числе, раскручивая его на верёвке над головой. В результате раскручивания мячик двигается по окружности. Почему? Под воздействием силы, которую ты к нему приложил, мячик стремится лететь по прямой линии. Но двигаясь по прямой, он тут же начал бы удаляться от тебя. А это невозможно: его держит верёвка определённой длины. Поэтому воздействие верёвки постоянно заставляет мячик менять направление, она как бы подтаскивает его к себе, препятствуя движению по прямой линии. Таким образом, на мячик действуют две силы, и в результате он движется по окружности.



V – вектор скорости
F_{цс} – центростремительная сила

Ты можешь спросить: если на мячик постоянно действует сила (в случае с круговым движением – центростремительная), то она должна придавать ему ускорение. Однако мячик не разгоняется всё сильнее и сильнее, его скорость остаётся постоянной. В чём тут дело? В том, что скорость мячика всё же постоянно меняется – но не её значение, а вектор скорости. Как ты помнишь, ускорение – это «скорость изменения скорости». В данном случае скорость изменяется не по величине, а по направлению. Поэтому круговое движение всегда является ускоренным, даже если числовое значение скорости не меняется.



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Ты можешь привести пример из Библии, в котором важную роль сыграло круговое движение? Вспомни историю Давида и Голиафа. Давид убил великана камнем, брошенным из пращи. Это было очень простое оружие. Камешек помещали в сложенную пополам подвеску и вращали над головой, придавая ему ускорение. Когда один конец пращи отпускали, камень вылетал из пращи и, в соответствии с вектором скорости, летел по прямой линии. Именно так Давид с Божьей помощью одолел могучего противника.

Сила, заставляющая объект двигаться по окружности (в нашем примере – это сила натяжения верёвки), называется **центростремительной силой**. Её действие (вектор силы) направлено к центру окружности и перпендикулярно вектору скорости в каждый момент времени (см. схему).

Что произойдёт с объектом, совершающим круговое движение, если убрать центростремительную силу? Вспомни ещё раз свой эксперимент на 1-м уроке. Что случилось, когда ты отпустил верёвку? Мячик полетел от тебя по прямой линии, но под воздействием силы притяжения Земли он стал двигаться по дуге, до тех пор, пока не упал на землю (конечно, если раньше не угодил в чьё-нибудь застеклённое окно).

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Наблюдения за устойчивостью вращающегося волчка и некоторыми другими его интересными свойствами привели к изобретению прибора под названием *гироскоп*. Он используется для определения отклонения того или иного объекта от заданного расположения в пространстве.



Примеры кругового движения мы можем обнаружить очень часто: искусственный спутник на *геостационарной орбите*, соревнования по метанию спортивного молота, совершающий поворот автомобиль, вагончик на рельсах американских горок, вращающаяся внутри механизма шестерня, выполняющие сложный элемент фигуристы... Можно привести ещё множество примеров.

Разновидностью кругового движения является вращение объекта вокруг своей оси. Ось вращения называется прямой линией, неподвижная относительно вращающегося вокруг неё тела. Все точки тела, кроме тех, которые лежат на оси, совершают вокруг неё круговое движение. Тебе приходилось играть когда-нибудь с юлой или волчком? Во время вращения эти несложные устройства приобретают устойчивость, они способны балансировать на одной точке опоры. Так они могут вращаться довольно долго, если их хорошенько раскрутить. Стремление объекта сохранять вращательное движение указывает ещё на один особый вид инерции: **инерцию вращения** – свойство тела сопротивляться любым изменениям вращательного движения.

Инерция вращения по ряду показателей отличается от той, которую описывают законы Ньютона, но также является свойством любого объекта оставаться в некотором состоянии (в данном случае – вращающемся), если этому не мешают те или иные силы.

Вокруг своей оси вращается, как ты знаешь, наша Земля, а также все другие планеты. И если волчок через некоторое время всё же остановится из-за сопротивления воздуха, трения и других сил, препятствующих его вращению, то вращение планет в космическом пространстве происходит постоянно.



Мальчик упал, когда круг под ним начал вращаться, потому что инерция удерживала его тело на месте, а ноги пришли в движение вместе с кругом



ТРЕТЬЯ СИЛА

Цель: проверить, какие ещё силы действуют во время кругового движения.

Необходимые материалы: пенопластовый стаканчик, дырокол, метровая верёвка, ножницы.

Ход работы

1. Прodelай два отверстия с противоположных сторон в верхней части стаканчика.

2. Привяжи края верёвки к проделанным отверстиям.
3. Налей полстаканчика воды.
4. Выйди на улицу.
5. Держа верёвку за середину, вращай стаканчик в вертикальной плоскости – так, чтобы он взлетал «вверх тормашками».

Вопрос

Почему вода не выливается из стаканчика?

Вывод

Можно предположить, что на вращающийся объект (на стаканчик и на воду в нём) действует, помимо двух сил, о которых мы говорили на этом уроке, ещё одна сила. Она направлена от центра вращения наружу, и как бы стремится отбросить объект как можно дальше от центра. В результате эта сила прижимает воду к дну стаканчика, и она не выливается даже тогда, когда стаканчик оказывается в процессе вращения перевёрнутым.

Эта сила называется *центробежной*. Когда будешь постарше, ты узнаешь о ней подробнее.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Из-за чего брошенные нами предметы двигаются не по прямой линии, а по дуге?
 - Какие две силы действуют на объект при его круговом движении?
 - Как называется сила, вынуждающая объекты двигаться по кругу?
 - Почему круговое движение – всегда ускоренное?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Каким группам людей могут понадобиться знания баллистики?
 - Почему струя воды, выпускаемая из шланга, имеет форму дуги?
 - При вращении мяча на верёвке сила твоей руки заставляет его двигаться; сила натяжения верёвки играет роль центростремительной силы; а что является причиной третьей, центробежной силы?



СИЛЫ ИНЕРЦИИ

Проводя предыдущий эксперимент, ты столкнулся с действием **центробежной силы**, которая удерживала воду во вращающемся стакане. О ней ничего не говорилось в основной части урока. Но ты, наверное, слышал о ней раньше – а может, даже испытывал действие этой силы на себе.

Например, катался ли ты на американских горках? Когда вагончик, проходя петлю, движется по окружности, его пассажиры в какой-то момент оказываются висящими над землёй вверх ногами. Но они не выпадают из вагончика – и не только потому, что пристёгнуты. Ты чувствуешь, что какая-то сила прижимает тебя к сиденью и не даёт упасть. То же самое происходит во время аттракциона «Мотогонки на вертикальной стене»: на мчащийся по окружности мотоцикл и его водителя действует центробежная сила, направленная от центра вращения наружу, прижимая их к стене и не давая упасть.



Но откуда берётся эта сила, какое воздействие её вызывает? У неё нет никаких видимых причин! Неужели энергия возникла из ничего, и законы сохранения неверны?!..

Ничего страшного не произошло, физика не отменяется. Дело в том, что центробежная сила относится к так называемым **фиктивным силам**; другое их название – **силы инерции**. (Не путай этот термин с инерцией как таковой: как ты знаешь, это не сила, а сопротивление действию силы и вызываемому силой ускорению). Давай разберёмся, что они из себя представляют.

Рассмотрим сначала пример, не связанный с круговым движением. Пассажиры едут в автобусе, который вдруг резко тормозит. При этом каждый из пассажиров испытывает сильный толчок, который бросает их вперёд, по ходу автобуса. Откуда взялась сила, толкнувшая их?.. Если пассажиры попытаются найти ответ, исходя из своей системы отсчёта, связанной с автобусом, они будут сильно озадачены.

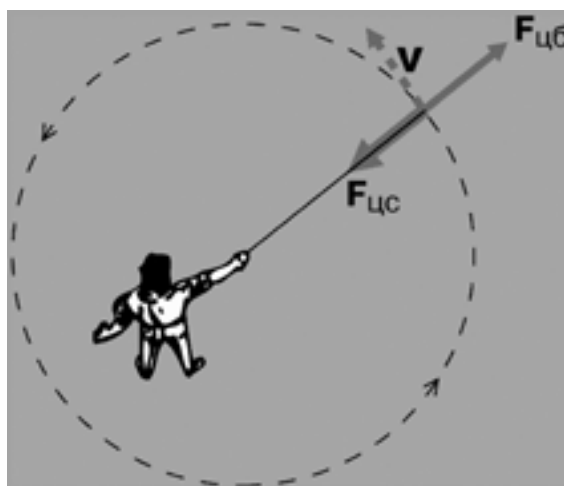
Отметим, что в момент торможения автобус испытал ускорение (отрицательное) – и значит, связанная с ним система отсчёта стала неинерциальной. А если посмотреть на происходящее в автобусе с точки зрения инерциальной системы – например, глазами человека, стоящего возле шоссе? Он увидит, что никакая новая сила на пассажиров не действовала. Когда автобус затормозил, тела пассажиров продолжали по инерции двигаться в прежнем направлении. Их рывок вперёд был вызван действием первого закона Ньютона, то есть их собственной инерцией, а не какой-то силой.

Становится понятным и то, почему не удаётся попытка объяснить рывок с точки зрения, связанной с автобусом: ведь в неинерциальных системах три закона Ньютона, как ты знаешь, не соблюдаются. Поэтому именно по рывку пассажиры могут понять, что автобус испытал ускорение и их система отсчёта стала неинерциальной. Для описания происходящего с позиций физики им нужно учесть поправку, вносимую ускорением самой системы отсчёта.

Однако это значительно усложняет вычисления. Поэтому учёные решили ввести понятие фиктивной силы, действующей в неинерциальной системе отсчёта. Тем более что сами люди в автобусе восприняли свой рывок по инерции именно как действие какой-то силы, толкнувшей их в спину.

Таким образом, название «фиктивная сила» означает, что на самом деле эта сила отсутствует, просто наблюдателю в ускоряющейся системе отсчёта кажется, что она действует (он принимает за силу проявления инерции – отсюда второе название этих сил). Никакого противоречия между внешним и внутренним наблюдателями здесь нет: оба они видят один и тот же процесс (движение пассажиров вперёд) и одинаково вычисляют все его параметры. Расходятся они только в терминах, описывающих это движение.

Куда направлено действие фиктивных сил? Так как это проявления инерции, сопротивляющейся полученному ускоре-



нию, они всегда направлены в сторону, противоположную вектору ускорения. В нашем примере автобус, тормозя, получает отрицательное ускорение, вектор которого направлен назад, – а сила инерции толкает его и всё, что находится в его салоне, вперёд.

Теперь давай вернёмся к вращению стаканчика с водой. Посмотри на схему на стр. 126, которую мы ещё раз здесь помещаем, добавив изображение центробежной силы. Относительно стаканчика вода под действием этой силы прижимается к его дну и поэтому не выливается, даже когда стаканчик переворачивается кверху дном. А как объяснить происходящее с позиции стоящего рядом наблюдателя – то есть относительно инерциальной системы, связанной с земной поверхностью?

Ты знаешь, что сила (импульс), которую твоя рука придаёт стаканчику, заставляет его двигаться прямолинейно, а сила натяжения верёвки (центростремительная) не позволяет ему совершать прямолинейное движение и постоянно заворачивает его с этой траектории. Первая сила придаёт стаканчику скорость – его вектор каждое мгновение направлен туда, куда стаканчик стремится. Вторая, центростремительная сила, каждое мгновение меняет это направление вектора скорости – то есть придаёт стаканчику ускорение. Понятно, что вектор ускорения направлен туда же, куда и действие центростремительной силы – к центру вращения.

Как же действует инерция в такой ситуации? Так же, как и всегда: она сопротивляется ускорению. То есть стаканчик и вода в нём по инерции стремятся в сторону *от центра* вращения. В неинерциальной системе отсчёта, связанной с самим стаканчиком, это воспринимается как действие центробежной силы – ещё одной силы инерции, фиктивной силы.

Но как ни назови воздействие, отбрасывающее вращающийся объект от центра вращения, оно существует. Этот эффект давно замечен людьми и часто используется в различных приспособлениях. Например, в *сепараторе* – устройстве, служащем для разделения жидкостей. Если в сепаратор налить молоко, то во время его очень быстрого вращения частицы жидкости (плазмы молока) перемещаются к краям вращающейся ёмкости, а капельки жира (сливок) скапливаются ближе к её центру. Это происходит, потому что частицы жидкости обладают большей массой и более инертны, чем частицы жира. Таким образом цельное молоко разделяют на сыворотку (обрат) и сливки.



Лабораторная центрифуга

Похожее устройство – *центрифуга* – применяется в медицине для того, чтобы разделять кровь на компоненты: эритроциты (красные кровяные клетки) и плазму. А в стиральных машинах-автоматах в режиме отжима стремительное вращение барабана удаляет из белья воду: стенки барабана удерживают бельё, а вода через отверстия в его стенке отбрасывается ещё дальше, во внешний резервуар, и удаляется оттуда через шланг.

Центробежная сила используется и для автоматического посева семян и рассеивания удобрений. Они высыпаются на открытую вращающуюся платформу и разлетаются в стороны.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Существует ещё одна фиктивная сила, возникающая в результате вращательного движения: она называется *силой Кориолиса*. О ней упоминается в пособии «Вода и погода».

1	ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ	МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ
2	КИНЕМАТИКА	
3	ДИНАМИКА	
4	КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ	
5	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ	



урок 28

ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ

Небесная механика



СЛОВАРЬ:

- геостационарная орбита

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- момент инерции
- момент импульса



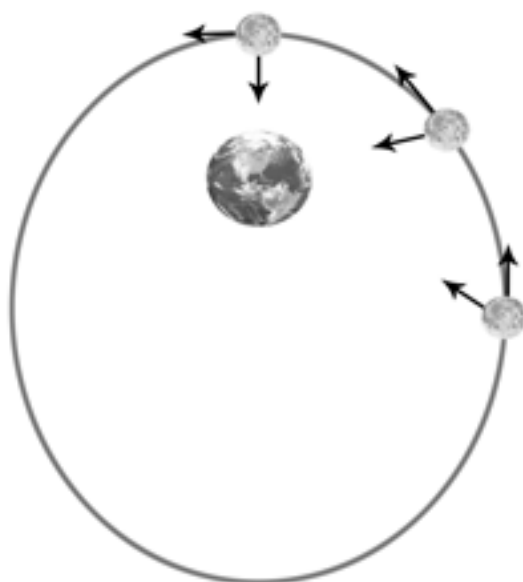
Какому универсальному закону подчиняется всё во Вселенной?

Закон всемирного тяготения, открытый сэром Исааком Ньютоном, действует не только на Земле, но и во всей Вселенной.

Ты уже знаешь, что именно гравитация «ответственна» за то, что Луна вращается вокруг Земли. Во время Сотворения Луна получила импульс, благодаря которому начала двигаться вперёд; однако земное притяжение постоянно тянет её вниз. В результате Луна движется вокруг планеты. Собственно говоря, под действием земной гравитации Луна как бы постоянно падает на нашу планету, но приданный ей импульс каждое мгновение уносит её в сторону и снова удаляет её от Земли. Земля своим притяжением всё время сворачивает Луну с её прямолинейного пути, а Луна каждое мгновение «проскакивает» мимо неё в своём постоянном падении (см. схему).

Искусственные спутники и космические станции на земной орбите движутся по тому же принципу. При запуске космический корабль получаетдвигающий его вперёд импульс, который по силе равен гравитационному притяжению Земли. В результате он тоже постоянно «падает», но никогда не успевает упасть.

Зная это, можно понять, почему космонавты на борту космических кораблей и станций находятся в невесомости. Это происходит не потому, что на них не действует сила земной гравитации: ведь они находятся ещё очень близко к Земле – и, кроме того, именно эта сила, как ты уже знаешь, удерживает

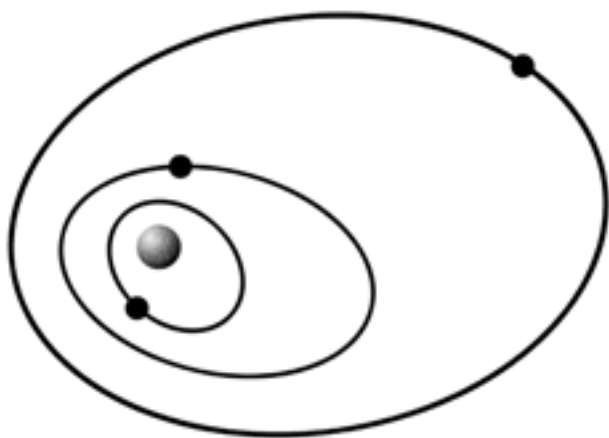


корабль на орбите. Но поскольку корабль находится в процессе постоянного падения на Землю, все объекты внутри него теряют вес, так как тоже пребывают в состоянии свободного падения! Происходит то же самое, что и на борту тренировочного самолёта (о котором ты узнал на 25-м уроке, в разделе «Знаете ли вы?»). С той разницей, что на орбите это состояние свободного падения длится неограниченно долго.

Все планеты Солнечной системы тоже «падают» на Солнце из-за его гравитационного притяжения, и в то же время движутся вперёд, обладая импульсом; таким образом они вращаются вокруг Солнца.

Если ты ещё раз посмотришь на схему вращения Луны вокруг Земли, то заметишь, что орбита Луны представляет собой не окружность, а имеет более вытянутую форму – *эллипс*, и что Земля располагается не в точном геометрическом центре этой орбиты, а в какой-то другой точке. Подавляющее большинство планет, их спутников (включая искусственные), комет и других небесных тел имеют орбиты в форме эллипсов. Одни из них вытянуты очень сильно, другие – совсем немного.

По точным окружностям движутся лишь искусственные спутники, запущенные в соответствии со специальными расчётами и выведенные на **геостационарную орбиту**. Такая орбита располагается над земным экватором, и спутник совершает один виток вокруг планеты за то же время, за которое она поворачивается вокруг своей оси, то есть за сутки (23 час. 56 мин. 4,1 с.). В результате спутник постоянно находится над одной и той же точкой поверхности; наблюдатель на Земле воспринимает его как неподвижно висящий в воздухе. Но и в этом случае принцип движения планет по эллиптическим орбитам не нарушается, потому что окружность – это тоже разновидность эллипса.



Орбиты планет имеют форму не кругов, а эллипсов

Учёным, который впервые понял, что планеты движутся по эллиптическим орбитам и описал их движение, был Иоганн Кеплер, живший в то же время, что и Галилей. На основе астрономических наблюдений он вывел три закона движения планет – хотя и не смог их доказать, потому что закон всемирного тяготения ещё не был открыт Ньютоном. Впоследствии все эти три закона были доказаны: как математически, так и дальнейшими наблюдениями.



Невесомость на борту Международной космической станции возникает из-за того, что она постоянно пребывает в состоянии свободного падения (на снимке – астронавт NASA Марша Айвинс)

Учёным, который впервые понял, что планеты движутся по эллиптическим орбитам и описал их движение, был Иоганн Кеплер, живший в то же время, что и Галилей. На основе астрономических наблюдений он вывел три закона движения планет – хотя и не смог их доказать, потому что закон всемирного тяготения ещё не был открыт Ньютоном. Впоследствии все эти три закона были доказаны: как математически, так и дальнейшими наблюдениями.

Учёным, который впервые понял, что планеты движутся по эллиптическим орбитам и описал их движение, был Иоганн Кеплер, живший в то же время, что и Галилей. На основе астрономических наблюдений он вывел три закона движения планет – хотя и не смог их доказать, потому что закон всемирного тяготения ещё не был открыт Ньютоном. Впоследствии все эти три закона были доказаны: как математически, так и дальнейшими наблюдениями.

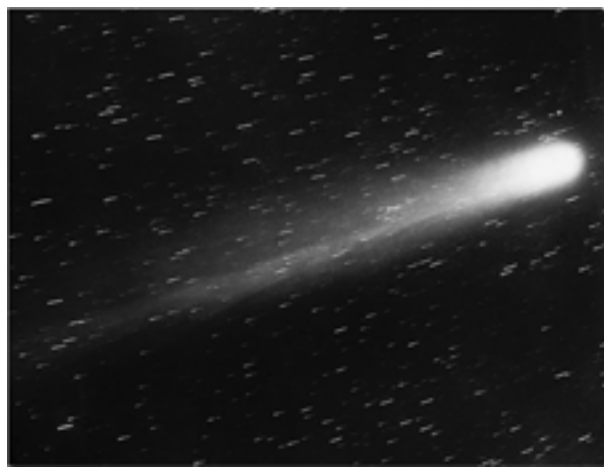


ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В системе отсчёта, связанной с Солнцем, каждый обитатель земного шара ежесекундно вместе с планетой перемещается по орбите на 30 км.

Помимо эллиптической формы планетарных орбит из законов Кеплера следует, что, чем дальше планета находится от Солнца, тем медленнее она движется по орбите. Закон всемирного тяготения объясняет, почему так происходит. Чем дальше находятся друг от друга объекты, тем меньше гравитационное взаимодействие между ними. Солнце слабее притягивает те планеты, которые находятся дальше от него. При уменьшении гравитационного притяжения (играющего роль центростремительной силы) планете нужен меньший импульс для того, чтобы двигаться вперёд, оставаясь на орбите. Поэтому удалённая планета движется вокруг Солнца медленнее, чем более близкая к светилу. (Разница в массе планет тоже влияет на скорость их движения, но в гораздо меньшей степени, чем расстояние от Солнца).

Другие космические объекты, находящиеся в космосе, движутся так же. Когда Ньютон математически объяснил, как гравитационные силы удерживают планеты и спутники на орбите, он показал, что и кометы движутся по эллиптическим орбитам. Ещё один учёный-астроном, Эдмонд Галлей, используя расчёты Ньютона, предсказал, что комета, которая появлялась в небе в 1532, 1607 и 1682 годах, вернётся к Земле и в 1758 году. Галлей умер в 1742 г., но, когда шестнадцать лет спустя в небе появилась предсказанная им комета, она была названа в его честь. Комету Галлея до сих пор можно наблюдать каждые 75–76 лет, когда она подлетает по своей сильно вытянутой орбите близко к Земле.



Комета Галлея последний раз появилась вблизи Земли в 1986 году



Эдмонд Галлей

Знание закона всемирного тяготения помогло астрономам обнаружить ещё одну планету Солнечной системы. Учёные заметили, что орбита Урана отклоняется от расчётной. Они предположили, что это вызвано гравитационным притяжением другого массивного небесного тела – до сих пор не открытой планеты. Два астронома, Джон Кух Адамс и Урбен Леверье, рассчитали, где должна быть эта планета, чтобы вызвать такое отклонение орбиты Урана. Обсерватории начали вести наблюдение за указанными участками неба – и в 1846 году Нептун был обнаружен именно там, где и предсказывалось.

Такова универсальность закона всемирного тяготения. Ньютон открыл его, но он не был его автором. Все физические законы установил Бог во время Сотворения мира.



КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ И ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

Представь себе запуск космического корабля и его движение по орбите. Все три закона Ньютона и закон всемирного тяготения играют при этом очень важную роль.

Возьми лист бумаги и ручку и опиши, какие законы движения демонстрирует каждый процесс, происходящий с космическим кораблём, и как каждый закон влияет на его перемещение.

1. Ракета с космическим кораблём стоит на стартовой площадке.
2. Ракета с космическим кораблём поднимается в воздух.
3. Космический корабль ускоряется при выходе из атмосферы.
4. Космический корабль движется по орбите Земли.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Почему закон всемирного тяготения так называется?
- Как гравитация влияет на движение планет и спутников?
- Какой формы орбиты планет?
- Какая планета была открыта математически, исходя из закона всемирного тяготения?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Как влияет на Землю и на находящиеся на ней объекты сила притяжения Луны?
- Влияет ли на Землю гравитация комет при их приближении к планете?



ХАРАКТЕРИСТИКИ КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ

На 12-м уроке (в разделе со значком «бабочка») рассказывалось о том, что такое *момент сил*: это величина, характеризующая вращательное действие силы на объект.

В обычной жизни мы называем словом «момент» очень короткий промежуток времени, долю секунды. В науке же это слово (происходящее от латинского *momentum* – «движущая сила, толчок») применяется для обозначения различных характеристик кругового движения.

Ты знаешь, что мерой инертности при прямолинейном движении является масса движущегося объекта. А вот инерция вращения измеряется другой величиной – **моментом инерции**, который зависит не только (и даже не столько) от массы объекта, но и от того, как эта масса внутри него распределена.

Например, представь себе, что ты вращаешь вокруг вертикальной оси стержень с насаженными на него металлическими шарами.

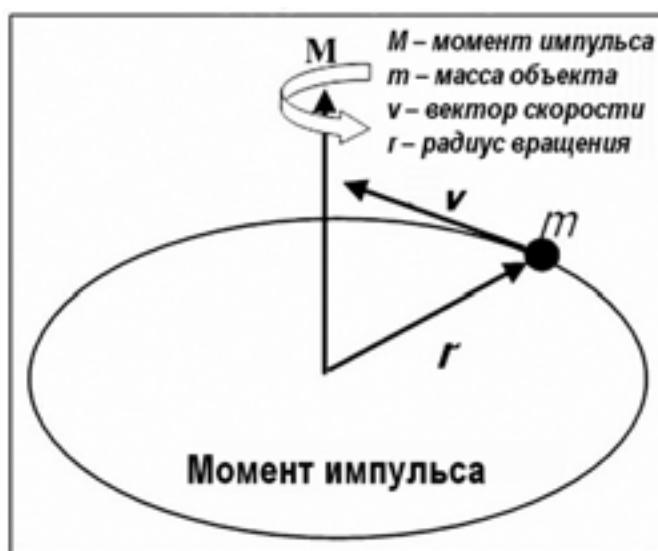


МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ	1
ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ	2
КИНЕМАТИКА	3
ДИНАМИКА	4
КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ	5
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ	6

Если эти шары находятся вблизи центра, раскрутить стержень будет легко, его инертность мала. Но если раздвинуть шары к краям стержня, то раскрутить его станет намного труднее, хотя масса его осталась без изменения: изменилось её распределение внутри объекта.

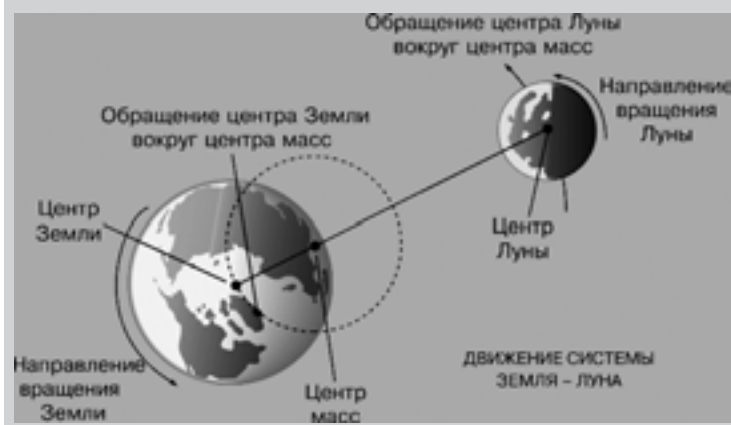
Движущиеся по кругу объекты, так же, как и движущиеся по прямой, обладают определённым количеством движения. Это количество при прямолинейном движении выражается *импульсом*, которым обладает объект (вспомни урок 4). Количество вращательного движения выражается другой величиной, которая называется **моментом импульса**.

Зависит эта величина от того, сколько массы вращается, как она распределена относительно оси вращения и от того, с какой скоростью происходит вращение. Говоря иначе, если импульс тела при прямолинейном движении зависит от массы и скорости объекта, то момент импульса при круговом движении зависит от массы объекта, его скорости и от радиуса окружности, по которой происходит его вращение.



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Обычно мы говорим, что Луна вращается вокруг Земли. Но это не совсем точно. Поскольку оба небесных тела оказывают друг на друга гравитационное воздействие, они, в соответствии с законом всемирного тяготения, вращаются вокруг общего для них обоих центра масс. Эта точка находится на глубине 1700 км под поверхностью Земли.



В замкнутой системе (не испытывающей внешних воздействий) момент импульса всегда остаётся неизменным. Он может только по-разному распределяться между элементами этой системы.

Представь себе фигуристку, выполняющую вращательное движение (см. фотографию на предыдущей странице). Она начинает вращаться с широко расставленными руками, и скорость её вращения при этом не очень велика. В какой-то момент спортсменка прижимает руки к туловищу, собирая свою массу ближе к оси вращения и уменьшая радиус окружности, которую описывает её тело. По закону сохранения импульса изменение одного параметра должно повлечь изменение второго, чтобы величина импульса оставалась неизменной. При изменении распределения массы должна увеличиться или масса, или скорость фигуристки. Понятно, что её масса остаётся неизменной; поэтому значительно возрастает скорость вращения.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!**ИОГАНН КЕПЛЕР****1571–1630***«О, Боже, мыслю мыслями Твоими!»*

Иоганн Кеплер – немецкий математик, астроном, механик и оптик, который первым вывел три закона движения планет. Эти законы очень важны для понимания того, насколько замечательно Бог сотворил Вселенную. Кем был Кеплер, и что ещё он сделал?

Иоганн родился в небольшом городке Вайль-дер-Штадт, в местности, которая сейчас относится к Юго-Западной Германии. Он был старшим ребёнком в бедной семье. Астрономией заинтересовался в детстве, когда мать показала мальчику комету, а позже – лунное затмение.

В 1589 году Кеплер окончил школу при монастыре Маульбронн. Выдающиеся способности Иоганна впечатлили городские власти, и ему была назначена стипендия для дальнейшего обучения.

Окончив школу, Кеплер поступил в университет в Тюбингене. Это был знаменитый лютеранский центр образования. Сначала Иоганн обучался на факультете искусств – именно к ним причисляли тогда математику и астрономию, – а затем перешёл на теологический факультет. На протяжении всей жизни Кеплер был глубоко верующим. Он считал своей обязанностью христианина понять Божьи дела.

Кеплер был убеждён, что Господь сотворил Вселенную, придав ей скрытую математическую гармонию. Поэтому человек, сотворённый по образу Божию, способен понять (и познать) окружающий мир, сотворённый и существующий в соответствии с Божьим замыслом. В своих записях Кеплер неоднократно благодарил Создателя за то, что Он даёт ему возможность проникнуть в суть Его творения.

В университете Кеплер наряду с математикой изучал греческий язык и иврит. Он обладал незаурядными математическими способностями. На дополнительных лек-



циях он узнал о теории Коперника – новой модели Солнечной системы, центром которой представлялось Солнце, а не Земля. Кеплер сразу воспринял эту информацию как истину и в своих дальнейших исследованиях опирался именно на эту модель. Впрочем, в дальнейшем он значительно развил и усовершенствовал её.

В 1600 году Кеплер переехал жить в Прагу. Там он стал учеником Тито Браге, одного из знаменитых астрономов. После смерти учителя Кеплер стал тщательно изучать и анализировать записи его наблюдений за звёздами и планетами.

Кеплер понимал, что система Коперника, правильно поместившая Солнце в центр планетной системы, всё же многого не объясняет. Наблюдаемое движение планет не совпадало с тем, как они должны были бы двигаться по круговым орбитам. Приходилось вводить многочисленные поправки, предполагая, что у планет существуют дополнительные сложные виды вращения (так называемые эпициклы). Кеплер не верил, что Господь сотворил мир на основании таких сумбурных и неуклюжих принципов. Он искал красивую и гармоничную модель движения небесных тел – и открыл её.

Исследуя данные по Марсу, учёный пришёл к выводу, что его орбита имеет форму

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6

эллипса, а не круга. В дальнейшем он понял, что это относится ко всем планетам, а также открыл ещё два закона, которым подчиняется их движение.

Открытия Кеплера привели к определённому конфликту с представителями как лютеранской, так и католической церкви: они были настолько новыми, что казались (совершенно напрасно) покушением на основы веры. Многие современные ему учёные тоже оказались не готовыми признать его правоту. Даже Галилей отверг эллиптические орбиты Кеплера!

Жизнь Иоганна Кеплера была трудной, его преследовали болезни, бедность и несчастья, но, несмотря на это, он продолжал свои научные исследования и сыграл решающую роль в развитии науки.

Хотя Кеплер не изобрёл телескоп, он первым объяснил принцип его работы. Он первый предположил, что Солнце вращается вокруг своей оси. Он объяснил, что приливы в океанах возникают под воздействием Луны. Он придумал слово «спутник» для Луны и спутников других планет в Солнечной системе.

Кеплер также вычислил год рождения Христа, который теперь признаётся практически всеми христианами. Пересмотрев греческие и римские хроники и сравнив их с еврейским и вавилонским календарями, он обнаружил в латинском календаре ошибку. Учёный вычислил, что на самом деле Иисус Христос родился за 4 года до утвердившегося в календаре года отсчёта.

Кеплер совершил множество открытий и в других областях знаний. Он первым исследовал возможность формирования

изображения с помощью камеры с малым отверстием; правильно описал такой оптический эффект, как *рефракция*; выяснил, как сделать очки для близоруких и дальновзорких людей. Он также понял, что Бог дал человеку два глаза для того, чтобы мы воспринимали глубину изображения.

Именно Кеплер ввёл в физику термин «инерция» как приращённое свойство тел сопротивляться приложенной внешней силе.

Велики заслуги Кеплера и в области математики. В частности, он сделал первые шаги на пути создания нового огромного раздела математической науки – *интегрального исчисления*. А одну из высказанных Кеплером гипотез – о том, как наиболее плотно можно уложить шары, – удалось доказать только спустя 400 лет, в 1998 году!

Сделанное Кеплером выделяет его даже на фоне его великих современников. А ведь он жил в одно время с Уильямом Шекспиром (1564–1616) и Галилео Галилеем (1564–1642); Библия короля Джеймса (перевод Библии на английский язык) была опубликована при его жизни (1611). Это был захватывающий период истории, когда менялось понимание людьми самих основ мироздания.

Кеплер хотел знать все законы, которые Бог использовал в акте Творения. В неустанном поиске научных истин им двигала вера христианина. Как-то он написал: «Я верю, что именно божественное Провидение помогло мне случайно обрести то, чего я никогда бы не получил, опираясь лишь на собственные силы. Я всё больше и больше в это верю, потому что много молился Богу и просил: пошли мне успех, если всё то, что говорил Коперник, истинно».

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Можно ли удержать время?

урок 29



СЛОВАРЬ:

- цикл
- периодическое движение
- период
- колебания
- колебательное движение
- пружина
- маятник

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОВА:

- частота
- среднее положение
- амплитуда
- затухающие колебания
- демпфирование



Чем периоды отличаются от затухающих колебаний?

О чём ты думаешь, когда слышишь словосочетание «период времени»? О секундах или минутах? Или о неделе, месяце или даже годе?.. Всё это – периоды времени различной длины.

Когда что-то происходит на протяжении определённого периода времени, а затем повторяется снова и снова, каждый раз за такой же период, такое действие называют *периодическим*. Например, газета – это периодическое издание, потому что она печатается один раз за определённый период времени: каждый день или каждую неделю.

Среди разнообразных механических движений ты часто встречаешься с повторяющимися движениями. Обрати внимание, как раскачиваются от ветра деревья, как качается на волнах лодка, как ходит маятник часов, как скачет вверх и вниз игла швейной машины. Если наблюдать за чередованием приливов и отливов, перестановкой ног при ходьбе и беге, биением сердца, то во всех этих процессах мы заметим нечто общее: многократное повторение одного и того же набора движений – **цикла**.

Не во всех перечисленных выше процессах циклы повторяются совершенно одинаково. В одних случаях каждый новый цикл очень точно повторяет предыдущий (качание маятника, движения частей внутри механизма, работающего с постоянной скоростью). В других ситуациях различие между циклами может быть весьма значительным (приливы и отливы, раскачивание ветвей). Часто отклонения от совершенно точного повторения очень часто настолько малы, что ими можно пренебречь и считать движение повторяющимся вполне точно.

Периодическое движение – это такое повторяющееся движение, у которого каждый цикл в точности воспроизводит любой другой. Продолжительность одного цикла при периодическом движении называется **периодом**.

1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
5 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ



Одним из видов периодического движения является круговое. Период равномерного вращения равен продолжительности одного оборота. Когда объект движется по окружности с постоянной скоростью, он оказывается в определённой точке через равные промежутки времени. Если диск, являющийся деталью какого-нибудь механизма, вращается со скоростью 100 оборотов в минуту, каждая его точка на протяжении минуты 100 раз оказывается в одном и том же месте пространства.



Пример кругового движения – вращение пластинки на диске проигрывателя

Вращение Земли вокруг Солнца – это тоже периодическое движение. Наша планета оказывается в одном и том же месте орбиты каждые 365,26 дня.

При круговом движении ни одна из точек, через которые проходит объект, не имеет для него какого-либо преимущества, не является такой, к которой бы он особенно стремился. Если говорят о точке «начала» или «конца» очередного оборота, её определяют произвольно. Например, одну из точек земной орбиты мы выбрали для того, чтобы в тот день, когда Земля в неё попадает, праздновать начало нового года. Но 31 декабря – это совершенно условная дата начала следующего годичного цикла. Есть немало стран и народов, которые отмечают новогодний праздник в другие дни: к примеру, в Китае начало нового года празднуют в конце января или начале февраля, в Иране и некоторых других странах – 22 марта, в Бангладеш – 14 апреля, а в Израиле – в сентябре.

При другом виде повторяющегося движения циклические изменения происходят вокруг точки (или положения) равновесия. Например, рыбацкую лодку, плывущую



Рыбацкую лодку, мерно покачивающуюся на волнах, изобразил на своей картине Клод Моне

в море, волны перемещают вверх и вниз. При этом вода то поднимается над уровнем морской поверхности, то опускается ниже неё. Уровень морской поверхности – это та средняя линия, линия равновесия, по отношению к которой происходит движение волн. Если море совершенно успокоится, волны прекратятся и вода застынет ровной поверхностью в этом состоянии равновесия.

Повторяющиеся в той или иной степени движения около положения равновесия называются **колебаниями**, а движение, совершающееся в процессе колебаний, – **колебательным движением**.

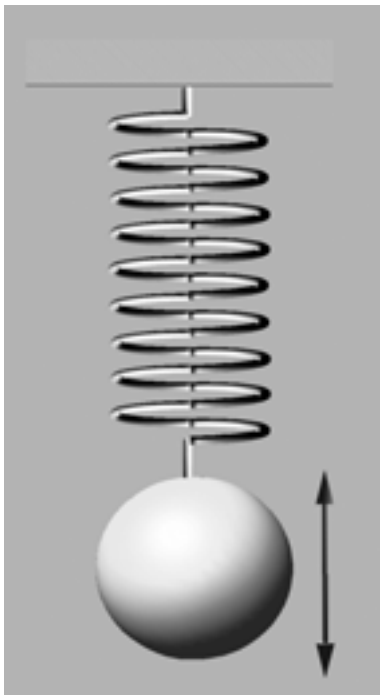
Чтобы понять, какими способами может совершаться колебательное движение, давай снова посмотрим на волны, которые перемещают лодку.

Если погода устойчивая, дует постоянный ветер, и в море вблизи этого места нет течений

и круговоротов воды, движение волн является не только колебательным, но и периодическим. Циклы подъёма и спада волн в точности повторяются (их несовпадения незначительны, и ими можно пренебречь). Рыбаки в лодке чувствуют ритмичное, однообразное покачивание. Такие колебания так и называются – *периодические*.

Когда ветер начинает стихать, волны постепенно уменьшаются. С каждым их последующим колебанием лодка приподнимается чуть ниже и опускается ниже уровня поверхности немного меньше, чем в предыдущий раз. Таковы *затухающие* колебания.

Если же обрушилась буря, море штормит, волны стали беспорядочными, лодку болтает как попало – то в движении волн уже трудно уловить какой-то повторяющийся порядок. В этом случае говорят о *хаотических* колебаниях.



Ещё один пример колебательного движения – движение пружины. **Пружина** – это упругий элемент, обладающий естественной формой, в которой стремится оставаться. Когда пружина растянута или сжата, у неё возникает потенциальная энергия.

Если пружину повесить вертикально за один из её концов, а на нижний конец поместить груз, сила гравитации будет тянуть этот груз вниз. При этом пружина растянется и, согласно третьему закону Ньютона, будет тянуть груз вверх с той же силой. Растянем дополнительно пружину, потянув рукой груз вниз, а затем отпустим его. Груз начнёт колебаться вверх-вниз. В идеальных условиях (если бы пружина была расположена горизонтально и на неё не действовала бы сила тяжести) этот процесс длился бы постоянно. В реальности же колебания пружины быстро затухают, и она достигает равновесия, приняв естественную форму.

Проделав такой опыт несколько раз, оттягивая пружину с различной силой и внимательно наблюдая за её колебаниями, можно заметить неожиданную закономерность. Независимо от того, сильно или слабо мы натянем пружину, после отпускания она каждый раз совершит одинаковое число колебаний, и это займёт то же самое время. Как это может быть? Разве не должна пружина качаться дольше, если она растянута на большую длину? Нет, потому что на этом большем расстоянии она будет быстрее двигаться (сокращаться): ведь у неё будет больше потенциальной энергии, и действующая на неё сила собственной упругости возрастет. Увеличение расстояния, на котором совершаются колебания (их амплитуды), будет компенсировано увеличением силы, придающей пружине дополнительное ускорение.

Ещё один важный вид периодического движения – это движение маятника. **Маятник** представляет собой груз, прикреплённый к вертикально расположенной нити, цепи или стержню. Если отвести груз в сторону, а затем отпустить, он

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Уникальный пример периодических колебаний – это работа твоего сердца. Оно сокращается и расслабляется много раз в минуту, спишь ты или бодрствуешь. Тебе не приходится даже думать об этом: это происходит автоматически. Господь сотворил эту мышцу так, чтобы она никогда не уставала и не останавливалась на протяжении всей человеческой жизни. Подробнее о работе сердца рассказывается в пособии «Тело человека».



будет двигаться вперёд и назад по дуге. Этот вид периодического движения имеет очень интересные свойства, о которых мы поговорим на следующем уроке.

Давай уточним, как соотносятся друг с другом периодическое и колебательное движение. Периодическое движение может быть колебательным (например, движение морских волн при ровной погоде), а может не быть им (например, круговое движение). Колебательное движение, в свою очередь, может быть периодическим (тот же пример с лодкой), а может быть угасающим или хаотическим. Поэтому эти типы движений нельзя путать, несмотря на то, что некоторые движения бывают одновременно и колебательными, и периодическими.



ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ПРУЖИНЫ

Цель: создать условия для периодических колебаний пружины.

Необходимые материалы: радужная пружинка-слинки, ступеньки.

Ход работы

1. Возьми один конец пружинки так, чтобы она висела вертикально вниз.
2. Пусть кто-то растянет её за нижний конец, а затем отпустит. Наблюдай за движением пружинки. Слинки колеблется вверх-вниз, и её колебания постепенно затухают.
3. Установи пружинку на краю верхней ступеньки лестницы.
4. Растяни слинки за верхнюю часть так, чтобы она коснулась следующей ступеньки.
5. Отпусти слинки и смотри, как она «шагает» вниз по лестнице. Возможно, тебе понадобится сделать несколько попыток, чтобы это получилось правильно.



Вопросы

- Какие колебания совершает слинки?
- Почему пружинка так делает?

Вывод

Слинки стремится вернуться к своему положению равновесия, поэтому сжимается после того, как её растянули. Этот импульс выпрямляет пружинку, отрывая её верхнюю часть от ступеньки. Под воздействием инерции верхняя часть слинки начинает колебаться также относительно оси всей пружинки – то есть она «проскакивает» вертикальное положение и наклоняется вперёд. Тогда её начинает тянуть вниз сила тяготения. В результате верхняя часть пружины описывает дугу, делая «шаг» вниз. Таким образом, гравитационное воздействие, подключившись к процессу, не даёт колебаниям затухнуть, а действие гравитации, в свою очередь, ограничивается каждой новой ступенькой. В результате слинки совершает периодические колебания. Это продолжается до тех пор, пока пружина не достигнет нижней ступеньки.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Какое движение называется периодическим? Приведи два примера.
 - Какое движение называется колебательным? Приведи два примера.
 - Какие разновидности колебаний тебе известны?
 - Как соотносятся периодическое и колебательное движение?
 - Назови хотя бы одно изобретение, в котором используется периодическое движение пружины или маятника.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- Почему колебания пружины и маятника в конце концов прекращаются?
 - Почему в идеальных условиях пружина колебалась бы без остановки, совершая периодические движения?



ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Стемой периодического и колебательного движения ты встретишься ещё не раз – и не только в механике, но и в других областях знаний. Поэтому важно знать термины, с помощью которых описываются эти виды движения. Прочитай и запомни их.

Цикл – один законченный период движения, который в той или иной степени повторяется непрерывно, – например, движение пружины вверх-вниз или один полный оборот колеса.

Период – время, необходимое для совершения одного из полностью повторяющихся циклов (при периодическом движении).

Колебания – повторяющиеся движения между двумя крайними точками вокруг средней. При колебаниях происходит переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно. (Одно колебание = один цикл).

Частота – количество циклов, происходящих за единицу времени, как правило – за 1 секунду (единица частоты – герц).

Среднее положение – положение, в котором объект находится в состоянии равновесия; колебания происходят вокруг этого равновесного положения.

Амплитуда – наибольшее смещение колеблющегося объекта в каждом направлении от среднего положения.

Затухающие колебания – колебания, энергия которых уменьшается с течением времени.

Демпфирование – искусственное уменьшение колебаний, как правило, за счёт трения.

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6



урок 30

МАЯТНИКИ Вперёд и назад



СЛОВАРЬ:

- циклоидальный маятник
- пружинный маятник
- крутильный (торсионный) маятник



Как маятник помог измерять время?

Вспомни, как на первом уроке мы говорили об одном из свойств маятника: при его раскачивании (теперь ты можешь сказать – при его колебаниях) постоянно совершается переход кинетической энергии в потенциальную, и обратно.

Тебе наверняка приходилось видеть часы с качающимся маятником: если не в жизни, то на картинке или в кино. В современных часах маятник, как правило, просто декоративная деталь, придающая им вид «под старину»; если его остановить или даже снять, часы будут идти, как ни в чём не бывало. Но ещё в начале прошлого века часовой маятник играл очень важную роль: именно он позволял часам точно отмерять время.

Чтобы понять, как действует маятник в часах, снова обратимся к экспериментам, которые проводил Галилей. Как рассказывают его биографы, когда учёному было 19 лет, он, находясь в Пизанском соборе, заинтересовался движением люстры на потолке. Порывы ветра раскачивали её, и Галилею показалось, что движение люстры вперёд-назад при слабом порыве занимало то же самое время, что и при сильном дуновении ветра, раскачивающем люстру по большей дуге.

Во времена Галилея ещё не было ни точных часов, ни тем более секундомера. Часы существовавших тогда конструкций не позволяли измерять малые промежутки времени. Поэтому для того, чтобы определить время одного колебания люстры, учёный использовал постоянные колебания, которые всегда были при нём: свой пульс. Галилей засекал, сколько ударов сердца требуется на каждое колебание



люстры – и убедился, что это число не зависит от размера дуги, которую она описывает. Такое положение дел его удивило, и он решил провести дополнительные испытания.

Галилей начал экспериментировать с маятниками, подвешивая грузы на длинную верёвку. В результате он пришёл к выводу, что его первоначальные наблюдения были верны: когда он отклонял груз на различное расстояние, время одного полного колебания не зависело от размаха колебаний (от *амплитуды* раскачивания). Затем учёный стал подвешивать на верёвку грузы различной тяжести – и обнаружил, что время одного колебания не зависит также и от массы груза: период колебания оставался неизменным. Наконец, Галилей принялся менять длину верёвки – и только тогда заметил значительную разницу в периоде колебаний. Чем больше он удлинял подвес, тем медленнее были колебания.

Из своих опытов Галилей сделал вывод: время одного колебания маятника зависит только от двух параметров – от длины нити и ускорения свободного падения. Ни масса груза, ни величина, на которую его отклоняют, не играют никакой роли.

Это было чрезвычайно важное открытие. Тот факт, что период колебания маятника не меняется даже при изменении амплитуды колебаний, означал, что теперь можно было точно отсчитать отрезок времени! Позже Галилей вывел уравнение, позволяющее определить период колебания маятника с любой длиной нити.

Но почему Галилей, и мы вслед за ним, говорим о *периоде* колебаний маятника? Разве его колебания не являются затухающими? Дело в том, что чем выше инертность маятника (а она зависит от массивности груза и длины подвеса), тем незначительнее угасают его колебания. Ведь маятнику приходится преодолевать гораздо меньше помех, чем пружине: трение он испытывает только в точке крепления подвеса, а сопротивление воздуха при высокой инертности груза очень мало на него влияет. В результате можно рассматривать движение маятника как периодическое, особенно для небольшого количества (5–10) следующих друг за другом колебаний.

Галилей начал разрабатывать схему часов, которые приводились бы в движение маятником, но не смог завершить эту работу, потому что ослеп. Поэтому первые практичные часы с маятником сконструировал немного позже голландский учёный Христиан Гюйгенс. В 1657 году он опубликовал описание их устройства. Маятник приводил в движение серию зубчатых передач (шестерёнок), которые перемещали стрелки по циферблату, размеченному на часы и минуты. Важным элементом конструкции был придуманный Гюйгенсом якорь, который периодически подталкивал маятник и поддерживал этим его периодические колебания, не давая им затухать.

Продолжая изучение свойств маятника, Гюйгенс открыл, что вопрос о независимости частоты колебаний от их амплитуды не так прост, как думал Галилей. Оказалось, что зависимость всё же существует. Но при отклонении маятника на малый угол она очень невелика, практически незаметна и не мешает определять время с довольно высокой точностью. Если маятник с достаточно длинным подвесом отклонить в сторону на 20 см, потом на 40, а потом на 80, разницы в частоте колебаний мы действительно не увидим: угол наклона во всех этих случаях будет ещё невелик. Но если мы отклоним маятник на 30°, а затем на 45°, разница в частоте колебаний станет очевидной.

Выяснив это, Гюйгенс математически рассчитал, как нужно усовершенствовать маятник, чтобы время его качания действительно было постоянным независимо от амплитуды. Он создал **циклоида́льный маятник**, который обладает этим свой-

ством. На схеме ты видишь, как он устроен. Нить маятника огибает при колебаниях шаблоны, имеющие специально рассчитанную форму. Чем сильнее мы отклоняем такой маятник от вертикали, тем сильнее искривляется его нить, огибая шаблон. Это вносит необходимые коррективы в его колебания.

Надо сказать, что это усовершенствование не нашло применения в часах, потому что маятники в них совершали малые колебания, и повышение их точности от применения циклоидального маятника было бы ничтожным.

Сконструированные Гюйгенсом точные и недорогие часы с маятником быстро получили широчайшее распространение по всему миру. Они обеспечивали превосходную для того времени точность хода.

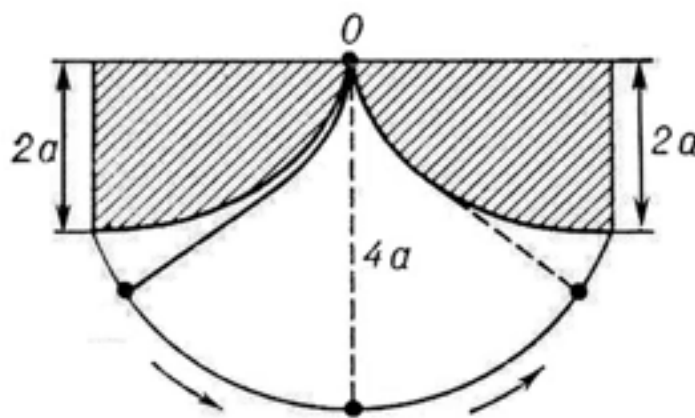


Схема колебаний циклоидального маятника

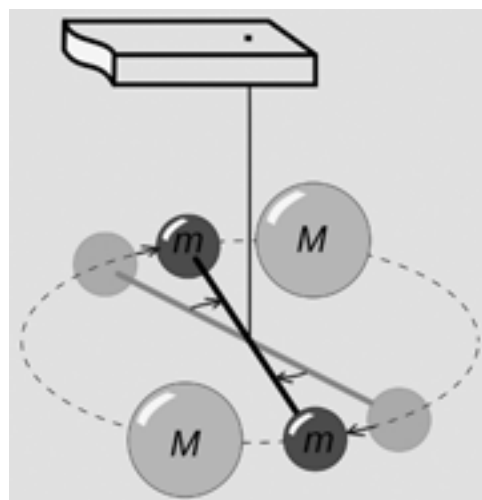


Позже Гюйгенс разработал часы, в которых использовались колебания пружины: как ты уже знаешь, она подчиняется тем же законам, что и маятник. Колеблющуюся пружину с одним закреплённым концом и грузом на втором так и называют: **пружинный маятник**. Часовая пружина выглядит немного иначе: это длинная упругая металлическая полоска, свёрнутая в спираль. Она совершает колебания, свиваясь и развиваясь. При этом она вращает баланс — колёсико, которое вращается на оси то в одну, то в другую сторону и передаёт это движение шестерёнкам, управляющим движением стрелок.

Часы с пружиной были меньшего размера, чем маятниковые, и их было удобнее использовать.

По сей день производятся и покупаются часы, в которых по-прежнему используются пружины и маятники. Вместе с тем, во многих современных часах в качестве колебательной системы применяется кристалл кварца, который вибрирует под действием электрического тока.

Устройство, совершающее колебания за счёт своего поочерёдного поворота в одну и другую сторону, подобно часовому балансу, называется **крутильным**, или **торсионным маятником**. Самая простая конструкция такого маятника — груз (обычно сдвоенный, в виде штанги), который не раскачивается, а вращается на тонкой нити. Нить сначала закручивается в одну



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Физик и астроном Жан Бернар Леон Фуко использовал периодические движения гигантского маятника для демонстрации вращения Земли. В 1851 году он подвесил тяжёлый груз на длинном подвесе к куполообразному потолку Парижского Пантеона. Внизу маятника было закреплено остриё, которое чертило линии, показывающие движение маятника, на песчаной площадке. Спустя несколько минут после приведения маятника в движение все наблюдатели замечали, что направление раскачивания изменялось. На самом деле это Земля под маятником вращалась, и поэтому отметки, прочерченные им, постепенно смещались в сторону. С точки же зрения наблюдателей в системе отсчёта, связанной с Землёй, на маятник действовала поворачивающая его сила. Это одна из фиктивных сил инерции, получившая название «сила Кориолиса». Если ты хочешь сделать свой собственный маятник Фуко, загляни в пособие «Вселенная» (урок 3, раздел со значком «бабочка»).



сторону, затем начинает раскручиваться, проходит через положение равновесия и закручивается в другую сторону.

Крутильный маятник – это очень чувствительный механический прибор. Именно с его помощью в лабораториях был проверен закон всемирного тяготения (для тел обычного, а не космического масштаба). К небольшим шарикам на краях штанги запущенного крутильного маятника приближали два массивных шара – и очень точными приборами измеряли, на какую долю миллиметра движение маятника отклонилось от периода совершения вращательных движений под воздействием гравитации этих шаров.



Так закручивается подвес торсионного маятника

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ ГАЛИЛЕЯ**

Цель: повторить эксперименты, которые ставил с маятниками Галилео Галилей.

Необходимые материалы: верёвка, металлические гайки, секундомер, блокнот, ручка.

Ход работы

Сначала сделай маятник. Отрежь кусок верёвки длиной 1 м 20 см, привяжи к её концу металлическую гайку, а другой конец прикрепи к верхней части дверного проёма. С этим маятником ты будешь проводить эксперименты. Не забывай записывать полученные результаты.

ОПЫТ 1. Изменение размера дуги

Отведи гайку примерно на 10° от вертикального положения. Отпусти её и засеки время, за которое маятник сделает 10 полных колебаний (туда и назад). Раздели получившееся время на 10, чтобы определить фактическое

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

1 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

2 КИНЕМАТИКА

3 ДИНАМИКА

4 КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

время одного колебания. Повтори эксперимент, отклоняя маятник на 15, 45 и 60° от вертикального положения. Как размах маятника влияет на период его колебания?

ОПЫТ 2. Изменение массы маятника

Запусти маятник из положения в 45° и засеки время десяти полных колебаний. Определи период колебания маятника. Привяжи к гайке на конце верёвки ещё одну. Снова отведи маятник на 45°, отпусти и определи период его колебания. Повтори опыт, повесив к верёвке 4 гайки. Как масса маятника влияет на период его колебания?

ОПЫТ 3. Изменение длины маятника

Повтори эксперимент с 4-мя гайками и отклонением маятника на 45°. Затем повтори его ещё трижды, укорачивая каждый раз верёвку на 30 см. Рассчитай период колебания маятника для каждой длины (1 м 20 см, 90 см, 60 см, 30 см). Как длина маятника влияет на период его колебания?

Вопрос

Во всём ли твои результаты и выводы совпали с теми, которые получил и к которым пришёл Галилей?

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Что такое маятник?
- Как масса груза маятника влияет на период его колебания?
- Как длина подвеса влияет на период колебания маятника?
- Как угол отклонения маятника влияет на период колебания маятника?
- Как Гюйгенс усовершенствовал конструкцию часов?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Почему важно помнить, что период колебания маятника зависит не только от длины нити, но и от величины ускорения свободного падения?
- Каким образом, пользуясь точными часами (хронометрами), в XVIII–XIX веках моряки определяли географическую долготу, на которой находилось их судно?



ИМЕЕТ ЛИ ЗЕМЛЯ ФОРМУ ШАРА?

Силой, которая поддерживает движения маятника, является гравитация. Период раскачивания маятника зависит от этой силы. Правда, обычно её не принимают во внимание, считая, что она постоянна. Но по мере удаления от земного центра масс сила притяжения слабеет.

Используя эти знания, опиши, как можно использовать маятник для определения формы земного шара. Помни, что гравитация является функцией расстояния от центра Земли.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!**ХРИСТИАН
ГЮЙГЕНС****1629–1695**

В жизни иногда бывает так: ты собираешься что-то сделать, но оказывается, что прямо сейчас у тебя нет такой возможности, и для того, чтобы достигнуть своей цели, необходимо сначала выполнить другое действие. С такой ситуацией столкнулся и Христиан Гюйгенс: он увлёкся астрономией, но для того, чтобы изучать планеты, ему понадобилось сконструировать часы.

Гюйгенс родился 14 апреля 1629 года в знатной семье в Гааге (Нидерланды) и обучался на дому. Его отец был знаменитым дипломатом, а также писателем, поэтом, композитором и музыкантом. Христиан рос среди вещей, привезённых со всех концов света. В доме отца часто гостили выдающиеся люди, приезжавшие из разных стран. У мальчика, воспитанного в такой среде, интересы были крайне разнообразными: он очень хорошо разбирался в праве, математике, механике, естественных науках, занимался рисованием и музыкой.

В 1645–1649 годах Гюйгенс изучал право и математику в Лейденском университете. Хотя отец готовил его к государственной службе, в 1650 году Христиан вернулся в Гаагу, чтобы заниматься наукой.

Гюйгенс был математиком, механиком, физиком, астрономом и изобретателем. Он придумал новый, более совершенный способ шлифовки и полировки линз, а также усовершенствовал телескоп. С его помощью Христиан обнаружил что «уши» Сатурна, как их описал Галилей, на самом деле являются кольцами, состоящими из льда и пыли. Позже он выяснил, что Венера покрыта облаками и что на Марсе день длится около 24 часов.

Большая часть астрономических работ Гюйгенса требовала точных измерений времени. Но тогда даже лучшие часы пока-



зывали время с погрешностью до 10 минут в день. Поэтому Гюйгенс решил сам сконструировать часы. Ознакомившись с работами Галилея, он сделал часы с маятником, которые были в 10 раз точнее других: ошибались всего на 1 минуту в сутки. Позже Христиан смог довести точность часов до 10 секунд в сутки.

Гюйгенс стремился создать точные часы не только для того, чтобы можно было безошибочно узнавать время. Он хотел помочь морякам определять координаты нахождения своего корабля. Если географическую широту можно было легко высчитать по картине звёздного неба, способа надёжно узнать долготу своего местонахождения не существовало. Гюйгенс предложил использовать для этого часы, показывающие точное время в порту, долгота которого была известна. Тогда в любом месте земного шара можно было, определив по Солнцу момент полдня, сравнить разницу между местным временем и временем на часах – и узнать, на сколько градусов долготы корабль сместился к западу или востоку.

В 1661 году Гюйгенс посетил новое королевское общество в Лондоне, которое состояло из ведущих учёных, а в 1663 году уже был

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6

избран членом этого общества. В 1665 году он принял приглашение во французскую королевскую Академию наук – и год спустя стал её президентом. Гюйгенс руководил Академией 15 лет.

В 1667 году Христиан разработал балансир и заменил маятник пружиной так, что можно было сделать часы маленького размера. Аналогичное приспособление до сих пор используется в некоторых часах. В 1675 году Гюйгенс запатентовал карманные часы, и первые часы такого типа подарил королю Франции Людовику XIV.

Изучая действие маятника и разрабатывая конструкции часов, Гюйгенс попутно совершил большое количество открытий в области механики и математики. Он изложил их в своей книге «Маятниковые часы», изданной в 1673 году. Эта книга была настольной у Ньютона.

На протяжении всей жизни Гюйгенс сотрудничал со многими ведущими учёными в различных областях знаний. Работая над первым микроскопом вместе с Антони ван Левенгуком, он стал первым, кто наблюдал человеческие репродуктивные (половые) клетки, а также высказал мысль о размножении микробов, заложив свой камень в фундамент будущей микробной теории болезней.

Гюйгенс самостоятельно усовершенствовал телескоп. Наблюдая за небесными телами, он определил размеры планет, зарисовал деталь поверхности Марса и обнаружил на его Южном полюсе ледяную «шапку». В 1655 году Гюйгенс описал кольца Сатурна и открыл

самый большой из его спутников – Титан. Он открыл также туманность Ориона и другие туманности, наблюдал двойные звёзды.

Благодаря изучению игры в кости Гюйгенс внёс вклад в математическую теорию вероятностей. А усовершенствованный им воздушный насос впоследствии был крайне востребован в горной промышленности.

8 июня 1695 года Гюйгенс умер в том же городе, где и родился.

В память о Гюйгенсе его имя получил космический зонд, который осенью 1997 года был отправлен к Титану. Автоматическая космическая станция «Кассини» после пяти лет полёта доставила его на орбиту Сатурна. Там зонд отделился от станции и продолжил полёт самостоятельно. 14 января 2005 года «Гюйгенс» успешно вошёл в атмосферу Титана и совершил посадку на его поверхность. Он передал на Землю более 500 мегабайт информации с данными об атмосфере и грунте этого спутника Юпитера, в том числе около 350 фотографий.

Так аппарат, носящий имя великого учёного, через 350 лет достиг открытого им космического тела.



Посадка зонда «Гюйгенс» на Титан (глазами художника)

часть 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Использование механизмов на протяжении истории
- Простые механизмы в Божьем замысле природы
- Соединение простых механизмов в сложные машины

ТЕМЫ УРОКОВ

- урок 31. МЕХАНИЗМЫ В ИСТОРИИ..... 148
- урок 32. МЕХАНИЗМЫ В ПРИРОДЕ 151
- урок 33. СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ..... 154
- урок 34. ИТОГОВОЕ ЗАДАНИЕ:
СКОНСТРУИРУЙ СВОЙ МЕХАНИЗМ.. 157
- урок 35. ВСЁ – В ДВИЖЕНИИ! 159

урок 31

МЕХАНИЗМЫ В ИСТОРИИ Древние сооружения

Как человек увеличивал свою силу?



Древние цивилизации смогли возвести удивительные и огромные сооружения. Как им это удалось? Разве люди в древности обладали знаниями, необходимыми для постройки современных машин?

Сохранившиеся записи тех цивилизаций отрывочны, но большинство археологов единодушны в том, что для возведения известных нам гигантских сооружений использовались только простейшие механизмы. Давай рассмотрим несколько сохранившихся до наших дней древних строений.

Пожалуй, самые известные из древних сооружений – это египетские пирамиды. Пирамида Хеопса (которую называют также Великой пирамидой и Пирамидой Хуфу) – единственное из сохранившихся семи «чудес света». Эти удивительные конструкции были построены цивилизацией, которая не имела машин. Великая пирамида возведена в период между 2100 и 1500 годами до Рождества Христова, значительно позже расселения народов из Вавилона, но до Исхода древнееврейского народа из Египта. Она состоит из приблизительно 2,3 миллиона каменных блоков, каждый из которых в среднем весит около 2,5 тонны.

Считается, что эти каменные блоки были вырезаны в карьере неподалёку, и к строящейся пирамиде их передвигали с помощью полозьев и катков из брёвен. Затем, по мнению большинства исследователей, их перемещали вверх по пандусу, построенному вокруг пирамиды.

Передвижение тяжёлого груза на катках значительно снижает трение и поэтому уменьшает усилие, необходимое для перемещения. Кроме того, использование пандуса, особенно длинного, уменьшает трение, увеличивает выигрыш в силе и снижает усилие, необходимое для передвижения каменных блоков. Таким образом, задействовав огромное количество рабов-строителей – по современным оценкам, их было около 20 000 человек, – египтяне построили массивные каменные сооружения, пользуясь только простейшими механизмами.

Другая всемирно известная конструкция – Стоунхендж. Этот круг из камней был построен, как сейчас считается, за три тысячелетия до Р. Х. приблизительно в 130 километрах к юго-западу от современного Лондона. Внешний круг диаметром 33 метра состоит из 30 массивных каменных столбов – менгиров. Каждый из них весит около 25 тонн. Сверху на них уложены четырёхтонные камни-перемычки. Никто точно не знает, кто и как их туда поместил. Однако по этому поводу существует множество теорий.

Большинство археологов считают, что камни перемещали на полозьях по брёвнам, точно так же, как блоки для строительства пирамиды. Для каждого столба выкапывали глубокую яму. После установки столб возвышался над ямой на одну треть своей высоты. Считается, что строители использовали брёвна и рычаги, чтобы медленно приподнять камень и заставить его съехать в яму. Это был очень трудоёмкий процесс, требующий для выполнения тысячи часов и сотни людей.

Инженер Марк Уитби придерживается другого мнения. В 1990-е годы он вместе со своей командой, состоявшей из 135 добровольцев, возвёл точную копию крупнейшей части Стоунхенджа (включая перемещение двух многотонных камней и размещение сверху на них камня-перемычки) в течение всего пяти дней. Он предложил привязать камень к деревянным саням, а затем тянуть его за канаты по скользкой колее. Очень много усилий пришлось потратить на то, чтобы сдвинуть таким способом камень с места, то есть преодолеть трение покоя. Смазка «приклеивала» сани к колее, и преодолеть её сопротивление было крайне трудно. Но как только камень сдвинулся с места, он начал скользить достаточно быстро, набирая скорость, даже когда его тянули вверх по склону. Он перемещался со скоростью нормально идущего человека. Конечно, невозможно утверждать, что именно этот метод использовали строители Стоунхенджа, но он находился в пределах их технологических возможностей.



Стоунхендж

Кто же построил Стоунхендж? Это ещё бóльшая загадка, чем то, какие методы использовались при его строительстве. Существует мнение, что его возвели языческие жрецы-друиды для религиозных и астрономических целей. Но никаких записей об этом не сохранилось. Существует множество и других версий, включая самые невероятные и нелепые.

Но независимо от того, кто был строителем Стоунхенджа и египетских пирамид, эти люди использовали данный им Богом интеллект, чтобы изобрести и соорудить простейшие механизмы для возведения величайших памятников архитектуры. Господь даровал нам изобретательность, чтобы мы смогли многое создать с её помощью.



СТРОИТЕЛЬСТВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТЕЙШИХ МЕХАНИЗМОВ

Используя зубочистки в качестве рычагов или роликов, попробуй переместить деревянные кубики с места на место и построить из них какую-нибудь конструкцию. Возможно, тебе придётся использовать и другие приспособления в качестве пандуса или опоры для рычага. Единственное условие – не перемещать блоки руками.

Это задание поможет тебе понять, с какими сложностями сталкивались древние люди при строительстве огромных конструкций.

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6



СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?
- Какие механизмы, по мнению исследователей, использовали древние египтяне для возведения пирамид?
 - Какие механизмы предположительно использовались при строительстве Стоунхенджа?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?
- В чём преимущество современных машин, используемых для строительства?
 - Позволяют ли современные машины строить более крепкие, прочные и красивые здания?
 - Почему древние египтяне не использовали колёсные тележки для перемещения тяжёлых блоков?



ИЗУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОШЛОГО

Выбери из приведённого ниже списка сооружение или здание и исследуй, как оно было построено. Внимательно прочти и обдумай всю информацию, которую сможешь найти в книгах и в интернете. Выясни, какие технологии, механизмы и машины были доступны строителям и как они их использовали.



Римские акведуки



Парфенон



Пизанская башня



Средневековые замки



Средневековые соборы

МЕХАНИЗМЫ В ПРИРОДЕ

Как Бог всё сконструировал?

урок 32

**Может ли человек научиться делать механизмы,
наблюдая за природой?**



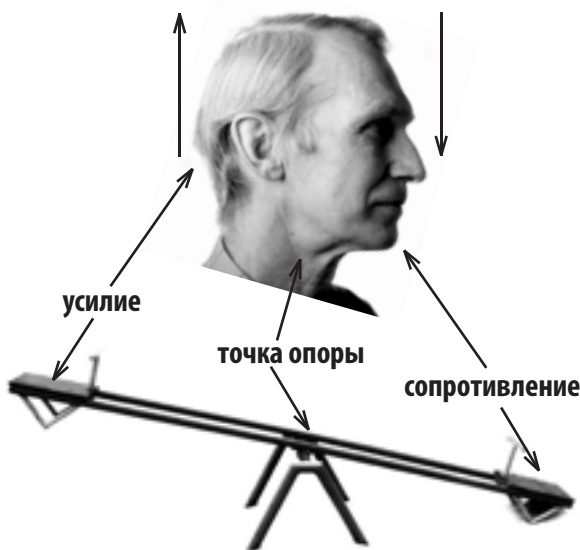
Во время Сотворения мира и всех населяющих его существ Бог установил и физические законы, которым подчиняется всё, существующее во Вселенной. Мы можем не только замечать действие этих законов в движении объектов на Земле и в космосе, но и обнаруживать в живой природе конструкции, основанные на использовании простейших механизмов.

Давай рассмотрим несколько примеров удивительного Божьего замысла.

Замечательный пример – строение человеческого тела. Внутри каждого из нас полно рычагов. Например, шея – рычаг первого рода, где подбородок играет роль нагрузки, шейный отдел позвоночника – точка опоры, а мышцы сзади шеи – прилагаемое усилие. Для того чтобы поднять подбородок, усилие требуется совсем небольшое.

Ступня – пример рычага второго рода. Для того чтобы встать на носочки, усилие прикладывается к пятке, точка опоры располагается в суставах пальцев, а нагрузка находится посередине.

Предплечья – прекрасные рычаги третьего рода, позволяющие перемещать предмет на большое расстояние (например, от стола ко рту), лишь слегка двигая руку возле локтя. В этом случае усилия прилагаются мышцей, расположенной ниже локтя, точка опоры – это локоть, а нагрузка – то, что ты держишь в руке.



1 МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

2 ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

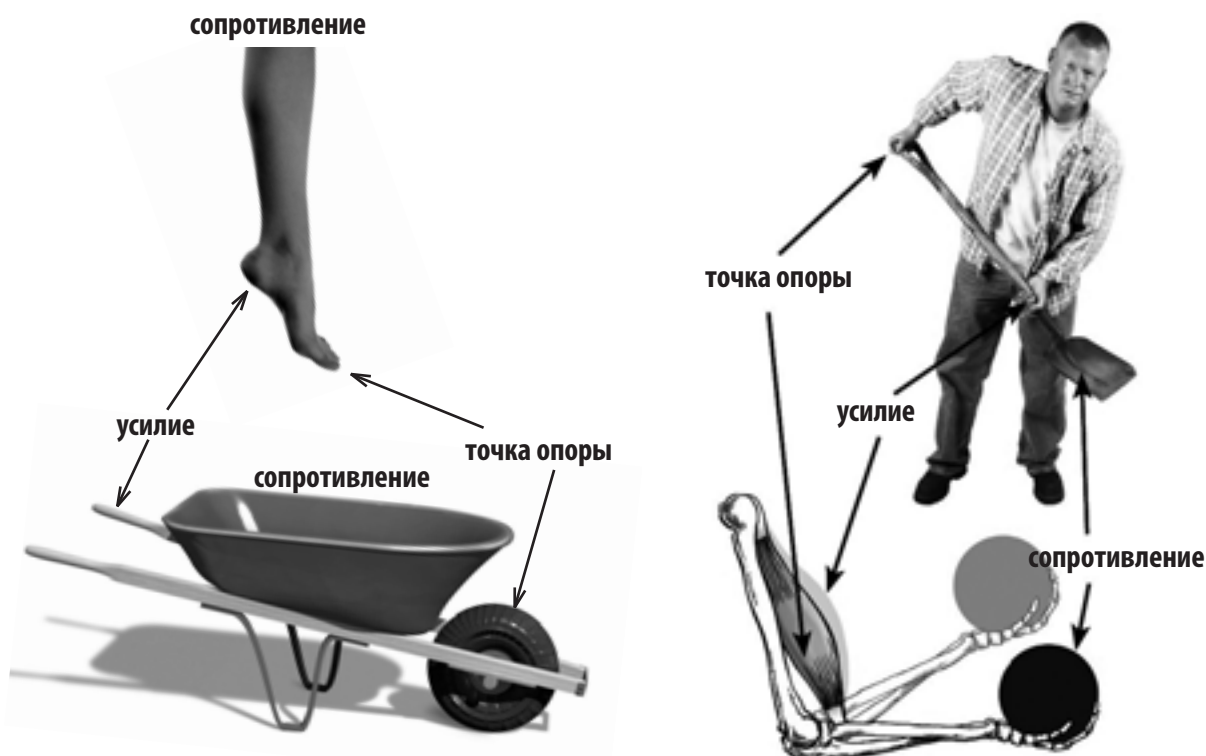
3 КИНЕМАТИКА

4 ДИНАМИКА

5 КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

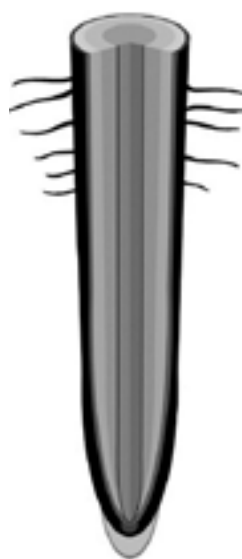
6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ





В нашем теле существуют сотни других рычагов: фактически любая комбинация кости и мышцы представляет собой рычаг. В этом виден Божий замысел о том, чтобы сделать наши движения наиболее эффективными.

Растения тоже обладают рядом встроенных рычагов. Листья могут поворачиваться к солнцу, потому что клетки на задней поверхности листа сжимаются. Это действие подобно действию рычага, осуществляющего поворот. Другой рычаг встречается в строении листьев *мухоловки Вены*. Листья этого растения способны складываться вместе, чтобы поймать ничего не подозревающую муху. У мухи же нет таких рычагов, с помощью которых она могла бы раздвинуть лист и самостоятельно освободиться.



Кончик корня
(в разрезе)

Строение корней – ещё один пример простейших механизмов в природе. Корни растут вниз благодаря заострённому кончику, который является клином, пробивающим корню путь в почве.

Клинья можно обнаружить и в строении многих животных. Птичий клюв – наиболее яркий тому пример. Тяжёлый клиновидной формы клюв – прекрасный инструмент для раскалывания орехов и семян.



Простейшие механизмы, позволяющие облегчать человеческий труд, на самом деле изобретены не людьми, а Богом. Господь использовал их для того, чтобы сделать эффективными движения животных и растений. Изучая живую природу, всегда обращай внимание на чудесный Божий замысел, проявляющийся в каждой мелкой детали.



ИЗУЧЕНИЕ РЫЧАГОВ В ПРИРОДЕ

Ты знаешь, что мышцы и суставы в человеческом теле работают как рычаги, перемещая кости скелета. Поэкспериментируй, двигая различные части своего тела. Попробуй определить, куда прилагается усилие, где располагается точка опоры и где находится плечо рычага, к которому прикладывается нагрузка при каждом движении.

Сможешь определить, к какому типу рычагов относится каждая часть тела? Если необходимо, повтори урок 13.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- ?**
- Какие виды простейших механизмов представляют собой мышцы и кости животных?
 - В качестве какого простейшего механизма используется птичий клюв?

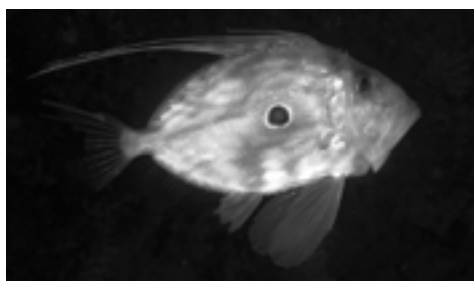
ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- ?**
- Для чего красные кровяные тельца сотворены гладкими и имеющими форму диска.
 - Почему форма зубов позволяет легко откусывать пищу?
 - Какую форму принимает тело орла, когда он пикирует, и почему?



КЛИНЬЯ У ЖИВОТНЫХ

Посмотри на форму тела каждого из животных на фотографиях ниже. Определи часть или части тела, имеющие клиновидную форму, и объясни, как эти приспособления служат их обладателю.



Рыба



Дождевой червь



Комар



Крыса



Барсук



Лев



урок 33

СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ

Механизированная цивилизация



СЛОВАРЬ:

- производительность



Как в сложных машинах используются простейшие механизмы?

Сегодня люди изобрели, построили и используют множество удивительных машин. Вспомни огромный бульдозер и подъёмный кран. Самолёт и гоночный автомобиль. Печатный станок и гигантские пилы на лесопилке.

Подводную лодку и ракету для запуска космических аппаратов. Можно очень долго перечислять всевозможные достижения современной техники.

У тебя дома тоже есть множество различных механизмов: часы, миксер, стиральная машинка, пылесос, холодильник, музыкальный центр, фен для волос... А есть ли в твоей семье фортепиано. Это – тоже механическое устройство.

Мы используем различные механизмы, чтобы облегчить свой труд. Современные стиральные машинки и сушилки помогают сделать одежду и бельё чистыми почти без усилий со стороны человека, по сравнению с тем, сколько сил требуется для стирки вручную. Компьютеры облегчают нам связь с другими людьми. Теперь мы отправляем письма электронной почтой, разговариваем с помощью онлайн-сервисов, прилагая минимум усилий там, где раньше приходилось идти (в лучшем случае – ехать) десятки и сотни километров, чтобы пообщаться с другом или семьёй.

Некоторые приспособления достаточно просты в использовании. С точки зрения физики метла и шприц, дверные ручки и петли – это простые механизмы. Но большинство современных устройств очень сложно устроены и содержат множество деталей. Однако любой сложный механизм – это, по сути, сочетание простых.

Сложные машины содержат в себе рычаги, блоки, шестерёнки, колёса и клинья. Эти простые части объединяются во всевозможных комбинациях. Для передачи мощности используются валы, цепи и ремни. Именно простейшие механизмы, в соот-



ветствии с законами физики, позволяют нам и сегодня получать выигрыш в силе и мощности.

Современные инженеры используют физические знания для разработки более производительных машин. **Производительность** непосредственно связана с количеством энергии, которую выдаёт машина по отношению к тому количеству энергии, которое тратится на её работу. Тебе, возможно, знакомо это понятие на примере автомобиля. Один из важнейших показателей его работы – это количество бензина, которое расходует двигатель для того, чтобы проехать определённое расстояние. Например, один автомобиль способен проехать 100 км, используя всего 10 л бензина, а другому требуется, чтобы проехать такое же расстояние, 15 литров топлива. В этом случае первый автомобиль в полтора раза производительнее второго.

Инженеры всегда ищут способы повышения производительности механизмов и машин. Но никакими стараниями никогда не удастся сделать так, чтобы машины выделяли больше энергии, чем потребляли. Ты, конечно, не удивишься этому, потому что знаешь: часть энергии тратится на преодоление трения и сопротивления воздуха. Именно поэтому невозможно создать вечный двигатель.

Изобретатели разрабатывают новые машины, используя законы физики. Например, в устройстве часов используются свойства маятника. Двигатели ракет способны отправлять грузы в космос, потому что работают на основании закона действия и противодействия. Практиче-



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

В 1832 году Чарльз Бэббидж разработал первый механический калькулятор, который назвал «разностная машина». Это счётное устройство состояло почти из 2000 рычагов и шестерёнок. Числа располагались на зубьях шестерён передачи. Вращением ручки пользователи приводили в движение шестерню в первом столбце, которая, в свою очередь, вращала другие, позволяя автоматически добавлять нужные числа. Современные калькуляторы – это электронные, а не механические устройства, но машина Бэббиджа сделала возможным их разработку.



Часть машины Бэббиджа (реконструкция)

ски все машины в своей работе используют действие гравитации.

В этом пособии мы рассмотрели лишь некоторые из физических законов. Продолжай изучать физику – и ты лучше поймёшь принципы действия механизмов, облегчающих твоё существование.



ПОИСК МЕХАНИЗМОВ

Вырежи из старых журналов или найди в интернете и распечатай схемы устройства различных механизмов: часов, автомобильного двигателя, подъёмного крана, домкрата, стиральной машины и др.

Найди в каждой из этих сложных машин как можно больше составляющих её простейших механизмов. Отметь на картинках зубчатые колёса, блоки, рычаги, винты, клинья или наклонные плоскости.



Марсоход «Кьюриосити» («Curiosity»), работающий на Марсе с 6 августа 2012 года

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Из чего состоят все современные машины?
- Перечисли несколько механизмов, которые есть у тебя дома.

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Какой была бы твоя жизнь, если бы не было современных механизмов?

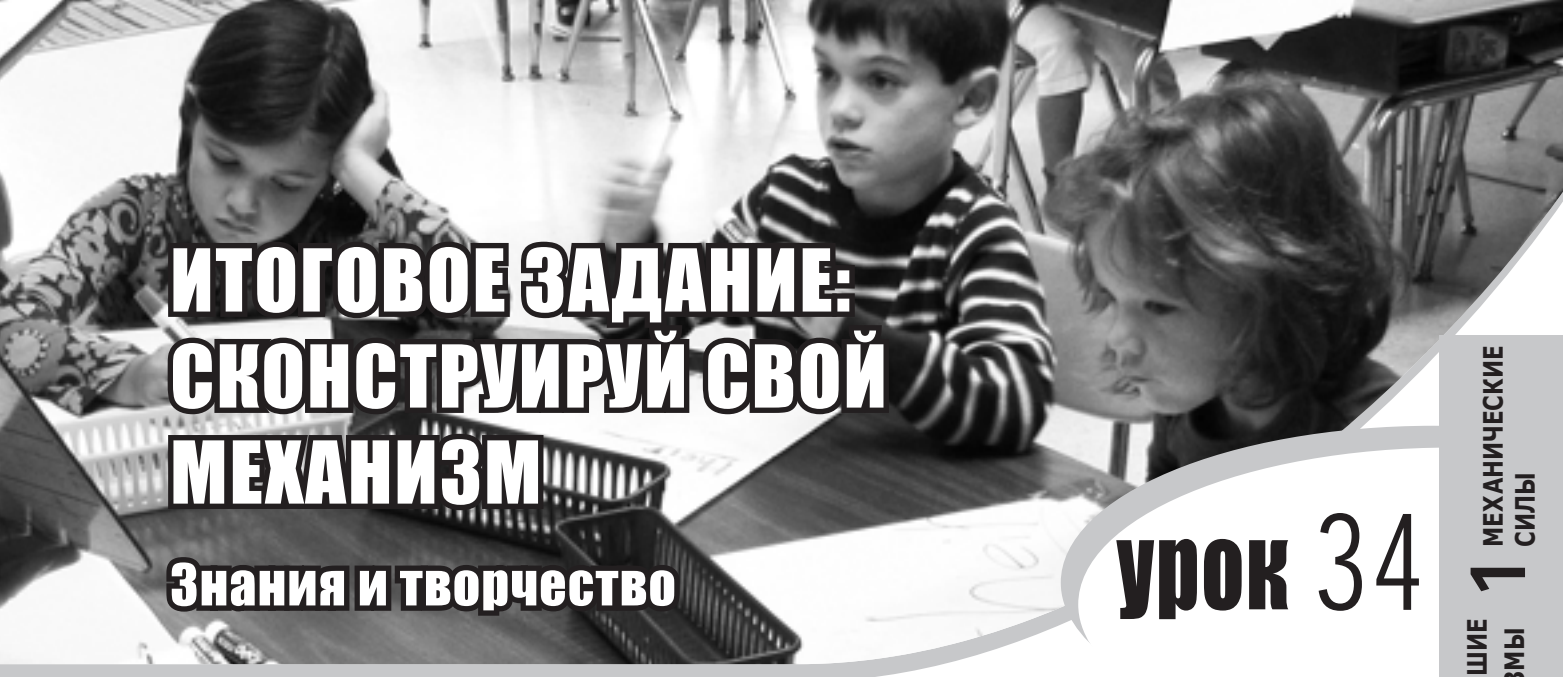


ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

На рисунке показана схема автомобильного двигателя внутреннего сгорания. Объясни, каким образом каждая деталь использует законы Ньютона, чтобы привести автомобиль в движение?

Объясни также, какие простейшие механизмы в конструкции автомобиля дают необходимый для его движения выигрыш в силе.





ИТОГОВОЕ ЗАДАНИЕ: СКОНСТРУИРУЙ СВОЙ МЕХАНИЗМ

Знания и творчество

урок 34



Читая эту книгу, ты получил много информации. Ты узнал, что такое потенциальная и кинетическая энергия, что собой представляют и как действуют сила, инерция и импульс. Эти термины помогают нам описать движение любых объектов.

Мы с тобой рассмотрели различные простые механизмы: наклонные плоскости, рычаги, колёса, шестерни, шкивы. Они и сегодня являются основой всех современных механизмов.

Скорость и ускорение, являющиеся свойствами движущихся объектов, помогают нам осмыслить и рассчитать сам процесс движения, а законы Ньютона объясняют, почему объекты движутся именно так.

Периодическое и колебательное движение Творец использует повсюду во Вселенной. Изучая физику дальше, ты убедишься, насколько повсеместно оно присутствует во всём, что нас окружает.

Наконец, ты узнал о том, как учёные наблюдали и испытывали законы, созданные Богом, и использовали эти знания для создания современных машин.

Теперь ты можешь не только продолжать изучение механики и других разделов физики, но и понимать, почему многие явления природы происходят именно так, а не как-то иначе. Ты уже понимаешь принцип действия сложных машин и их составных частей – и даже можешь создавать и конструировать новые механизмы!



ТВОЁ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Таких творческих способностей, как у Создателя Вселенной, у людей, конечно же, нет. Но Библия говорит, что человек был сотворён по образу Божьему (Книга Бытия 1:27). Люди способны к творчеству, потому что Господь, чей образ они несут в себе, – творческая личность.

Используй свой *творческий потенциал*, для того чтобы создать свой собственный механизм. Он может быть простым или сложным – всё зависит от желания и от твоих возможностей. Но тебе необходимо будет понять и объяснить принципы, лежащие в основе его функционирования.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ
1
ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ
2
КИНЕМАТИКА
3
ДИНАМИКА
4
КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ
5
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ
6



Для этого ты будешь использовать *знания*, полученные из этого пособия, а также из других книг. Наши творческие способности могут породить любую фантазию (и это хорошо, когда мы сочиняем стихи или придумываем сказку), – но только опора на знания позволяет нам совершать научные открытия, делать изобретения и создавать новые машины. Знания и творческие способности – две опоры, на которых держатся и наука, и изобретательство.

Если у тебя пока нет идей, чтобы начать работу, рассмотри следующие варианты:

- усовершенствование мышеловки;
- игрушка, работающая с помощью пружины или резинового кольца;
- устройство для облегчения кухонного труда (для измельчения, нарезки, смазывания и др.)
- приспособление для лучшей чистки зубов.



Если же ты поставишь перед собой другую цель – реализуй её.

Нарисуй схему своей конструкции. Обозначь все её части. Напиши объяснение того, как она работает.

Если у тебя есть всё необходимое, сделай механизм и испытай его в действии.

СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?



- Назови три закона Ньютона (законы движения).
- В чём разница между числовым значением скорости и вектором скорости?
- О чём говорит закон сохранения импульса?

ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ



- Что утверждает первый закон термодинамики?
- Какой механизм (машина) наиболее привлекает твой интерес, и как в его работе действуют известные тебе физические законы?



ИЗУЧИ УЧЁНОГО

Выбери знаменитого физика и напиши о нём статью. Ниже приведены имена, чтобы тебе было проще сделать свой выбор.

Если выберешь того, о ком рассказывалось в этой книге в разделах «ЭТО ИНТЕРЕСНО!», тебе нужно будет провести дополнительное исследование биографии и больше узнать об этом человеке.

- | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| • Исаак Ньютон | • Николай Коперник | • Галилео Галилей |
| • Леонардо да Винчи | • Альберт Эйнштейн | • Аристотель |
| • Архимед | • Эдмонд Галлей | • Генри Кавендиш |
| • Иоганн Кеплер | | |

ВСЁ – В ДВИЖЕНИИ!

Непрестанное движение Божьего творения

урок 35

Мы часто вспоминали в этой книге имена Галилео Галилея и Исаака Ньютона, говорили о сделанных ими открытиях. Этими замечательными людьми были сделаны наиболее важные научные открытия современной эпохи. В частности, Ньютон сформулировал физические законы, знание которых сделало возможным создание современных механизмов.

Но физические законы не придуманы людьми, а только открыты ими. Бог, задумавший устройство Вселенной, при её Сотворении установил законы, по которым она функционирует. Если задуматься, становится очевидным, насколько удивительным и гармоничным Господь сотворил этот мир. Он создал гравитацию, установил на свои места звёзды и планеты, создал силу трения. Все это – части Божьего творения!

Прочитай начало 18-го псалма (стихи 1–6). Несмотря на то, что Вселенная не имеет физического голоса, она провозглашает Славу Божию каждый день и каждое мгновение, демонстрируя её в движении Солнца, Луны и звёзд. За тысячи лет до Галилея и Ньютона люди наблюдали за движением небесных тел, и преклонялись перед мудростью и могуществом их Создателя.

Теперь прочти этот псалом до конца. Подумай над прочитанным. Если Бог обладает властью и могуществом, чтобы установить физические законы, то у Него достаточно могущества, чтобы помочь нам следовать и другим Своим законам – законам духовным, нравственным.

Помолись словами из стиха 15:

«Да будут слова уст моих и помышление сердца моего благоугодны пред Тобою, Господи, твердыня моя и Избавитель мой!».

Мы же все открытым лицом, как в зеркале, взирая на славу Господню, преобразуемся в тот же образ от славы в славу, как от Господня Духа.

(2-е послание Коринфянам 3:18)



СОДЕРЖАНИЕ

ПРИГЛАШАЕМ ВАС УЗНАТЬ БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ 5

ЧАСТЬ 1 МЕХАНИЧЕСКИЕ СИЛЫ

УРОК 1	МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ	8
УРОК 2	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ	11
УРОК 3	СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ	15
УРОК 4	СОХРАНЕНИЕ ИМПУЛЬСА	19
	<i>ЭТО ИНТЕРЕСНО! ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ</i>	<i>22</i>
УРОК 5	СИЛА	25
УРОК 6	ТРЕНИЕ	29
УРОК 7	РАБОТА	34
УРОК 8	МОЩНОСТЬ	38

ЧАСТЬ 2 ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

УРОК 9	ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ	42
	<i>ЭТО ИНТЕРЕСНО! АРХИМЕД</i>	<i>44</i>
УРОК 10	НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ	47
УРОК 11	КЛИНЬЯ И ВИНТЫ	50
УРОК 12	РЫЧАГИ	54
УРОК 13	ТРИ РОДА РЫЧАГОВ	59
УРОК 14	КОЛЁСА И ОСИ	63
УРОК 15	ШЕСТЕРНИ	66
УРОК 16	БЛОКИ	70

ЧАСТЬ 3 КИНЕМАТИКА

УРОК 17	КИНЕМАТИКА	74
УРОК 18	СКОРОСТЬ И ВЕКТОР СКОРОСТИ	78
УРОК 19	УСКОРЕНИЕ	82
УРОК 20	ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	85
	<i>ЭТО ИНТЕРЕСНО! АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН</i>	<i>89</i>

ЧАСТЬ 4	ДИНАМИКА	
УРОК 21	ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА	92
УРОК 22	ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА	97
УРОК 23	ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.....	102
УРОК 24	ГРАВИТАЦИЯ	105
УРОК 25	ПАДАЮЩИЕ ТЕЛА	110
УРОК 26	ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ	115
ЧАСТЬ 5	КРУГОВЫЕ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ	
УРОК 27	КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ	122
УРОК 28	ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ.....	128
	<i>ЭТО ИНТЕРЕСНО! ИОГАНН КЕПЛЕР</i>	<i>133</i>
УРОК 29	ПЕРИОДИЧЕСКОЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ	135
УРОК 30	МАЯТНИКИ.....	140
	<i>ЭТО ИНТЕРЕСНО! ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС</i>	<i>145</i>
ЧАСТЬ 6	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ	
УРОК 31	МЕХАНИЗМЫ В ИСТОРИИ.....	148
УРОК 32	МЕХАНИЗМЫ В ПРИРОДЕ	151
УРОК 33	СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ.....	154
УРОК 34	ИТОГОВОЕ ЗАДАНИЕ: СКОНСТРУИРУЙ СВОЙ МЕХАНИЗМ	157
УРОК 35	ВСЁ – В ДВИЖЕНИИ!	159

МЕХАНИЧЕСКИЕ
СИЛЫ

1

ПРОСТЕЙШИЕ
МЕХАНИЗМЫ

2

КИНЕМАТИКА

3

ДИНАМИКА

4

КРУГОВЫЕ И
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ

5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ

6

