

Рекомендовано Министерством образования и науки Республики Казахстан

Н.А. Закирова

Р.Р. Аширов

ФИЗИКА

Учебник для 7 класса общеобразовательной школы

7



УДК 373
ББК 22.3 я 72
3-18

3-18 Закирова Н.А. и др.
Физика: учеб. для 7 кл. общеобразоват. шк. / Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов. – Астана: Издательство «Арман-ПВ», 2017. – 240 с.: ил.

ISBN 978-601-318-010-6

Учебник по физике для 7 класса общеобразовательной школы соответствует учебной программе, ГОСО РК.

В изложении материала учтены возрастные особенности учащихся, соблюдены принципы научности и доступности, логика раскрытия учебного материала.

УДК 373
ББК 22.3 я 72

ISBN 978-601-318-010-6

© Закирова Н.А.,
Аширов Р.Р., 2017
© Издательство «Арман-ПВ», 2017

Репродуцирование (воспроизведение) любым способом данного издания без договора с издательством запрещается

Условные обозначения

Определения, которые нужно запомнить.

Контрольные вопросы

Вопросы для самоконтроля теоретического материала.

★ Упражнение 1

Упражнения

🏠 Упражнение 1д

Домашние упражнения

Экспериментальные задания

Экспериментальные задания

Творческие задания

Творческие задания

? Ответьте на вопросы

Вопросы, требующие пояснения сущности физического явления

↻ Задание

Задания для выполнения в классе

🔬 Эксперимент в классе

Экспериментальные задания для выполнения в классе

🗨️ Поясните слова!

Толкование значений основных терминов и понятий темы

✓ Возьмите на заметку!

Важная информация для понимания физического явления

👁️ Интересно знать!

Дополнительная информация, относящаяся к содержанию темы

📄 Кусочки науки

Образцы верно выполненного задания

🧠 Вспомните!

Задания для повторения изученного материала

⚠️ Обратите внимание!

Учебный материал, вызывающий затруднение при выполнении упражнений

! Запомните!

Памятка для учащихся

Предисловие

Изучая науку «Физика», вы с наибольшей полнотой ощутите постоянное стремление человека к познанию мира. Физика сочетает в себе логику и полет фантазии, вдумчивое наблюдение за окружающим и кропотливую обработку наблюдений. В разнообразии такой деятельности при изучении физики вы познаете не только окружающий мир, но и самих себя, свои способности. Перед каждым из вас могут возникнуть такие вопросы, ответы на которые вы найдете только в физике.

Учебник – это особая книга. Его нужно не просто читать, над ним нужно работать с тетрадью и ручкой. Физика отличается тем, что у этой науки есть свой особенный язык – язык формул, величин, таблиц, графиков. Чтобы овладеть им, нужно записать новые для вас обозначения и определения в рабочую тетрадь, понять их значение и запомнить их.

В учебнике вы найдете упражнения, вопросы-почемучки, экспериментальные и творческие задания, экологические задачи, решая которые каждый из вас сможет проявить свои способности: интеллектуальные, практические, конструкторские, художественные.

Эта книга должна послужить для вас введением в изучение предмета «Физика». В ней научные вопросы изложены так, чтобы помочь вам ответить на многочисленные вопросы «почему?».

Выполняя экспериментальные задания, вы овладеете научными методами познания. Вам нужно научиться: наблюдать за явлениями природы; выдвигать гипотезы, объясняющие эти явления; наиболее правдоподобные гипотезы проверять на опыте. Если опыт не подтвердит ваше предположение, то нужно продолжать поиск ответа на интересующий вас вопрос. Именно таким образом были сделаны интересные открытия, получены новые знания.

Творческие задания потребуют от вас определенных усилий: поиска информации в словарях, книгах, в сети Интернет; составления слайдов; изготовления и защиты поделок.

В школе вы учитесь 11 лет. Будет обидно потерять это время просто так. Поверьте, не только видеть, но и понимать все то, что происходит вокруг нас, – великое счастье.

Авторы

ГЛАВА I

ФИЗИКА – НАУКА О ПРИРОДЕ

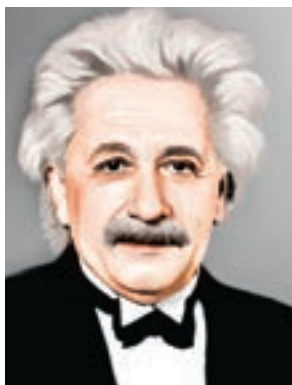
Изучив главу, вы сможете:

- приводить примеры физических явлений;
- различать методы изучения природы.

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- назвать, что изучает предмет «Физика»;
- понимать значение физических терминов: «физические явления», «тело», «вещество», «материя»;
- приводить примеры указанных терминов;
- устанавливать соответствие терминов и примеров.



Один из самых знаменитых ученых XX века – **Альберт Эйнштейн** (1879–1955). Специальная теория относительности, опубликованная в 1905 г., изменила взгляды ученых во всех областях физики. Одна из его работ была посвящена объяснению броуновского движения.

В 1910 г. он стал профессором Немецкого университета в Праге, в 1912 г. – Цюрихского технологического института, в 1914 г. – Берлинского университета и одновременно директором Физического института кайзера Вильгельма.

В 1922 г. А. Эйнштейну была вручена Нобелевская премия.

§ 1. Физика – наука о природе

Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой. Каждый важный успех приносит новые вопросы. Всякое развитие обнаруживает со временем новые и более глубокие трудности.

А. Эйнштейн

Вспомним вопросы, на которые вы мучительно пытались ответить, изучая окружающий мир. Вопросы, на которые затруднялись ответить вам даже взрослые. Почему гуси плавают, а куры нет? Почему гвоздь тонет, а огромные тяжелые корабли остаются на поверхности воды? Почему нет радуги после осеннего дождя? Почему затмение Луны бывает только в полнолуние? Почему во время затмения Луна красная, а не черная? Почему Луну можно увидеть днем, ведь она должна появляться на небе только ночью? На все эти вопросы вы сможете ответить, изучив новую для вас науку «Физика».

I. Природа и человек

Человек с древних времен наблюдал за окружающим миром, от которого зависела вся его жизнь, пытался понять явления природы. Солнце обеспечивало людей теплом, но и приносило иссушающий зной. Дожди давали живительную влагу полям и вызывали наводнения. Ураганы и землетрясения несли неисчислимые бедствия. Не зная, как объяснить их возникновение, люди приписывали эти действия сверхъестественным силам. Изучение явлений природы было необходимо человеку, чтобы выжить в суровом мире. Постепенно люди стали понимать действительные причины природных явлений, приводить их в определенную систему. Так зародились науки о природе: *география, биология, зоология, химия, астрономия, физика.*

Цель этих наук – изучение и систематизация явлений, происходящих в природе.

II. Что изучает физика

В природе происходят всевозможные изменения, которые принято называть *явлениями*: листопад, ветер, смена дня и ночи, движение небесных тел, гниение картофеля, рост человека. Из всех явлений в окружающем нас мире в физике изучают **механические, звуковые, тепловые, световые, электрические и магнитные**. К механическим явлениям относятся, например, движение автомобиля, колебание маятника часов; к звуковым – раскаты грома, звучание музыкального инструмента, эхо;



к тепловым – таяние льда, образование инея. Радуга, фокусировка световых лучей с помощью линзы – это примеры световых явлений; молния, свечение электрической лампы – примеры электрических явлений; притяжение металлических предметов магнитом – пример магнитного явления.

Все эти явления называют **физическими**.

▲ Физическое явление в природе – северное сияние

Физика – это наука, изучающая физические явления.

Явления в природе происходят в определенной последовательности.

После молнии гремит гром. В прохладное утро на листьях появляется роса. Вслед за летом наступает осень. После вспышек на Солнце изменяется магнитное поле Земли, наблюдается северное сияние, в ряде регионов бушуют штормы, ураганы, цунами, наводнения.

Задача физики – исследовать и объяснить причины природных явлений, открыть законы, которым подчиняются различные физические явления.

Например, почему мы видим молнию (рис. 1) и только вслед за ней слышим раскаты грома? Физики установили причину такой закономерности: свет распространяется быстрее, чем звук. При равенстве их скоростей сверкание молнии и раскаты грома мы воспринимали бы одновременно! Появление росы в утренние часы объясняется тем, что при понижении температуры воздух становится насыщенным при меньшем значении влажности. Избыток влаги выпадает в виде капель росы.



Рис. 1. Молния

? Ответьте на вопросы

1. Почему тела падают на Землю?
2. Почему на Земле происходит смена времен года?
3. Почему на Земле существуют климатические пояса?

**Задание**

Составьте три вопроса, которые требуют установить связь явлений в природе.

**Поясните слова!**

Физические термины:
физическое тело;
вещество;
материя.

**Задание**

Дополните приведенный выше список физических терминов своими примерами.
По какому принципу вы подбирали слова?

III. Физические термины

Все науки «говорят» на своих языках, используя специальные слова – термины.

Физические термины – это специальные слова, обозначающие какой-либо предмет или явление, а также их свойства.

Рассмотрим несколько физических терминов. Изучая движение различных предметов (машины, птицы, мяча), в физике можно не учитывать, что именно движется. Во многих случаях это не имеет никакого значения.

Любой предмет, включая человека, в физике называется *физическим телом*. Каждое тело имеет форму и объем.

Физическое тело – это любой предмет, имеющий форму и объем.

Все тела состоят из какого-либо вещества. Например, стакан сделан из стекла, линейка сделана из пластмассы. У вещества нет формы. Любое вещество обладает определенными свойствами. Например, стекло прозрачное, хрупкое; резина упругая.

Вещество – это вид материи определенного свойства, из которого состоит тело.

Явление, при котором не происходит превращение одного вещества в другое, называют физическим.

Физические тела, вещества и все, что находится вокруг нас, принято называть материей. Материя существует независимо от того, ощущаем мы ее или нет. Например, радиоволны существовали и до того, как человек обнаружил их.

Все, что заполняет окружающее нас пространство, называют материей.

Существует два вида материи: вещество и поле. В качестве примера материи в виде поля можно привести радиоволны, тепловое и световое излучение, которые являются электромагнитными волнами.

Контрольные вопросы

1. Что изучает физика?
2. Какие физические явления вам известны?
3. Какова задача науки «Физика»?
4. Что такое физические термины?
5. Что такое физическое тело?
6. Что называют веществом?
7. Какие виды материи вам известны?

★ Упражнение 1

Внесите в таблицу примеры физических явлений.

Физические явления	Примеры физических явлений
Механические	
Тепловые	
Звуковые	
Световые	
Электрические	
Магнитные	

🏠 Упражнение 1д

Внесите в таблицу примеры физических тел, веществ и материи.

№	Вещество	Физическое тело	Материя
1			
2			
3			

Творческое задание

Заведите «Словарь физических терминов». Можете воспользоваться готовыми блокнотами. Внесите в алфавитном порядке термины, рассмотренные в параграфе. В дальнейшем эту работу продолжайте самостоятельно.



▲ Пример физического явления в быту – свечение лампы

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- различать научные методы изучения природы;
- перечислить этапы исследования природных явлений;
- составить план исследования;
- привести примеры проведенных учеными исследований.

**Поясните слова!**

Научные методы познания: наблюдение; опыт; физическая теория.

**Возьмите на заметку!**

Этапы исследования: наблюдение явления; выдвижение гипотезы; постановка эксперимента; установление закономерности природных явлений.

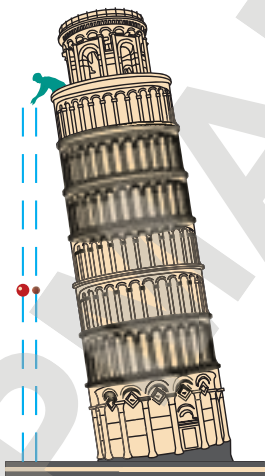


Рис. 2. Опыт Галилея по изучению падения тел

§ 2. Научные методы изучения природы

Знания, не рожденные опытом, матерью всякой достоверности, бесплодны и полны ошибок.

Леонардо да Винчи

Многие годы основным способом получения знаний был *метод проб и ошибок*. Этот способ используется и сейчас, но у него есть недостатки: он трудоемкий, нужно перепробовать множество вариантов. Нет уверенности, что окончательный вариант является самым удачным в решении изучаемого вопроса. На протяжении человеческой истории сложные в понимании и объяснении явления обрастали *мифами, легендами*. Новое, непознанное будоражит человеческое воображение. *Фантазия* человека безгранична, об этом свидетельствуют фантастические произведения: рассказы, фильмы. Порой фантазии могут перерасти в реальность. К примеру, мечта человека о полетах осуществилась. Многообразие возможностей полетов впечатляет: воздушные шары, дирижабли, парашюты, дельтапланы, вертолеты, самолеты, ракеты, космические корабли.

I. Научные методы познания

Ученые познают мир способом, который принято называть *научным методом познания*. В основе этого метода лежат наблюдение явления, выдвижение гипотезы, постановка эксперимента и установление закономерности природных явлений.

Наблюдение – это целенаправленное восприятие явления.

Наблюдения нам позволяют утверждать, что все тела падают на Землю, после зимы наступает весна, солнце восходит на востоке и т.д.

Гипотеза – это предположение, объясняющее наблюдаемое явление.

Гипотеза выдвигается на основе имеющихся знаний и опыта, требует научного доказательства. Например, можно предположить, что падение с одной и той же высоты на Землю происходит за разное время из-за различных размеров тел. Возможно, что причиной такого падения является взаимодействие падающего тела с атмосферой Земли. Гипотезу необходимо проверить, т.е. провести эксперимент.

Опыт (эксперимент) – это метод познания, при помощи которого явление природы исследуется в лабораторных условиях.

Опыт проводится с определенной целью с использованием специальных приборов. Для изучения падения тел **Г. Галилей** многократно бросал тела различных размеров с Пизанской башни, определяя при этом их время падения (рис. 2).

Физическая теория – это система научных знаний, объясняющая физические явления в их взаимосвязи.

Физическая теория позволяет объяснить, почему именно так происходят явления в природе. Объяснить падение тел можно, используя теорию тяготения классической механики.

II. Примеры научного познания физических явлений

Наблюдая за качавшейся под потолком собора люстрой, **Г. Галилей** заметил, что люстра совершает движение в одном, затем в другом направлении за один и тот же промежуток времени. Продолжительность качаний люстры он определял по своему пульсу. Измерения показали, что уменьшение отклонения люстры от вертикального положения (амплитуды) не влияет на время колебания. Галилей высказал предположение, что предмет, совершающий такое же движение, как люстра, можно использовать для измерения времени. Таким предметом может служить шарик, подвешенный на нити (маятник). Для подтверждения данного предположения им был проведен более точный эксперимент. Он пускал в ход одновременно несколько маятников разной длины: AB , AC , AD (рис. 3).

Сравнивая их движения, **Г. Галилей** пришел к выводу: продолжительность колебания не зависит от амплитуды колебания маятника, зависит только от его длины. На основании предположения Галилея были созданы маятниковые часы. Изобрел их голландский ученый **Христиан Гюйгенс**. В 1656 г. Гюйгенс разработал способ управления колебаниями маятника и связал его движение со стрелками часов (рис. 4).

Иногда звенья цепочки научного познания могут меняться местами. Местоположение планеты Нептун удалось рассчитать по изменению траектории движения Урана вдоль своей орбиты. Расчеты провели два математика: англичанин **Джон Адамс** и француз **Урбен Леверье**. В 1846 г. астроном Берлинской обсерватории **Йоганн Галле**, получив телеграмму от Леверье с просьбой

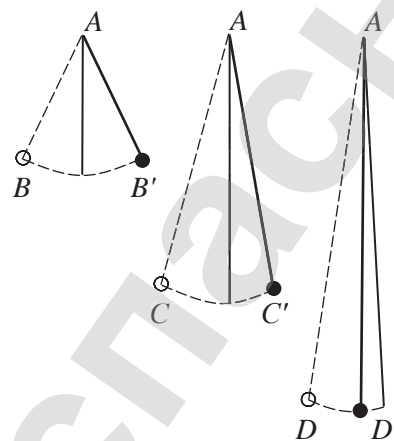


Рис. 3. Влияние длины маятника на продолжительность колебания

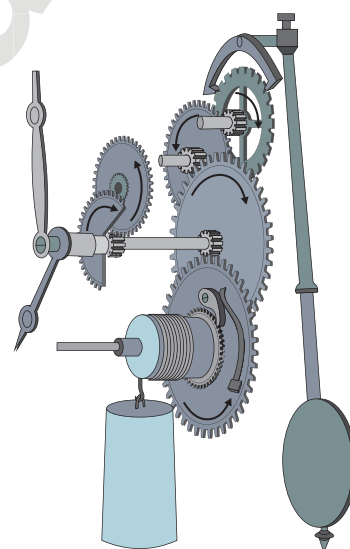


Рис. 4. Устройство маятниковых часов

? Ответьте на вопросы

1. Почему восприятие природных явлений у разных людей разное?
2. Почему говорят «в споре рождается истина»?
3. Почему установленные закономерности в природных явлениях ученые следующих поколений ставят под сомнение?
4. Почему изучение экологического состояния нашей планеты стало актуальным?

Ответьте на вопросы

1. Почему легенды, мифы, фантазии не являются научными методами познания?
2. Почему легенды и сказания исследуются учеными?
3. Почему ребенок познает мир методом проб и ошибок?

Контрольные вопросы

1. Какие методы исследования являются научными?
2. Что такое гипотеза?
3. Что такое эксперимент?
4. Что такое физическая теория?
5. Чем эксперимент отличается от наблюдения?

поискать планету в указанной точке небосвода, обнаружил ее. Таким образом, планета Нептун была открыта «на кончике пера».

III. Основные требования, предъявляемые к научным знаниям

В какой бы последовательности ни изучались природные явления, знания становятся научными только после прохождения всех этапов научного метода познания. Любая гипотеза должна быть подтверждена экспериментально.

К научному знанию предъявляются исключительно строгие требования: оно должно быть истинным, доказуемым, экспериментально проверенным.

Знания должны быть такими, чтобы любой желающий мог убедиться в их справедливости. Важную роль в этом играет эксперимент. Если древние философы обходились «одним циркулем», то для проведения экспериментов современным ученым необходимы научно-исследовательские лаборатории.

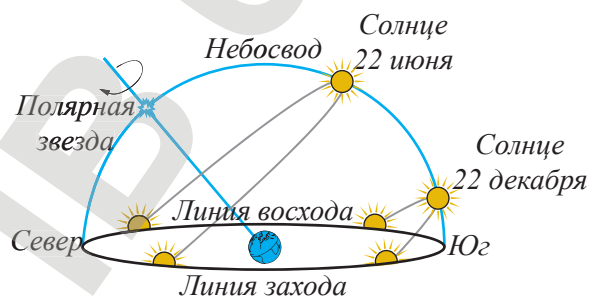


Рис. 5. Суточное движение Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояния

Экспериментальные задания

1. Повторите эксперимент Галилея с двумя маятниками (грузиками на нити):
 - а) отклонив грузики маятников одинаковой длины от первоначального положения на одинаковое расстояние, определите время, за которое они совершают равное количество колебаний. Сравните полученные значения. Повторите опыт, отклонив грузики на разные расстояния;
 - б) повторите опыт с маятниками разной длины. Сделайте выводы.
2. Используя цепочку научного познания, попытайтесь объяснить заинтересовавшие вас природные явления.
3. Проведите наблюдение за восходом и заходом солнца, ежедневно отмечая его положение относительно какого-либо тела, например: здания или дерева. Обратите внимание на смещение точки восхода и захода к югу в осеннее время. Рассмотрев рис. 5, попытайтесь найти ответы-предположения на вопросы: когда перемещение точки к югу прекратится, будет ли смещение к северу, почему такое движение Солнца происходит? Найдите ответы на эти вопросы в энциклопедии для детей по астрономии, изучив тему «Годичное движение Солнца».

Итоги главы I

Глоссарий

Вещество – это вид материи определенного свойства, из которого состоит тело.

Гипотеза – это предположение, объясняющее наблюдаемое явление.

Материя – это все то, что заполняет окружающее нас пространство.

Наблюдение – это целенаправленное восприятие явления.

Физика – это наука, изучающая физические явления.

Физическая теория – это система научных знаний, объясняющая физические явления в их взаимосвязи.

Физические термины – это специальные слова, обозначающие какой-либо предмет или явление, а также их свойства.

Физическое тело – это любой предмет, имеющий форму и объем.

Эксперимент – метод познания, при помощи которого явление природы исследуется в лабораторных условиях.

Контрольный тест

Вариант 1

- К физическим явлениям относятся:
 - только механические и тепловые.
 - только механические, тепловые и электрические.
 - механические, звуковые, тепловые, световые, электрические, магнитные.
 - все перечисленные выше и химические.
- Предположение, объясняющее наблюдаемое явление.
 - Гипотеза.
 - Фантазия.
 - Научный факт.
 - Истина.
- Любой предмет, имеющий форму и объем, в физике называют:
 - физическим предметом.
 - физическим объектом.
 - физическим телом.
 - телом.
- Укажите из перечисленных ниже терминов физическое явление.
 - Сила.
 - Тонна.
 - Молекула.
 - Кипение.
- Укажите вещество.
 - Чашка.
 - Фарфор.
 - Ваза.
 - Стакан.

Вариант 2

1. **Научными методами познания являются:**
 - A) только наблюдение и опыт.
 - B) только опыт и физическая теория.
 - C) наблюдение, опыт и физическая теория.
 - D) наблюдение, опыт, гипотеза и физическая теория.
2. **Метод познания, при помощи которого явления природы исследуют в лабораторных условиях.**
 - A) Наблюдение.
 - B) Эксперимент.
 - C) Физическая теория.
 - D) Наблюдение и физическая теория.
3. **Вид материи определенного свойства, из которого состоит тело.**
 - A) Вещество.
 - B) Молекулы.
 - C) Атомы.
 - D) Поле.
4. **Причина затмения Солнца.**
 - A) Суточное движение Земли.
 - B) Расположение Земли между Луной и Солнцем.
 - C) Заход Солнца.
 - D) Расположение Луны между Землей и Солнцем.
5. **Укажите физическое тело.**
 - A) Литр.
 - B) Машина.
 - C) Скорость.
 - D) Движение.

ГЛАВА II

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ИЗМЕРЕНИЯ

Изучив главу, вы сможете:

- соотносить физические величины с их единицами измерения СИ;
- различать скалярные и векторные физические величины и приводить примеры;
- применять кратные и дольные приставки при записи больших и малых чисел: микро (мк), милли (м), санти (с), деци (д), кило (к) и мега (М);
- записывать результаты измерений с учетом погрешности.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать примеры физических величин и их единицы измерения в СИ;
- переводить единицы измерения с использованием кратных и дольных приставок;
- установить связь внесистемной единицы измерения объема «литр» с основной единицей измерения «кубический метр».

§ 3. Международная система единиц (СИ)

Мили, ярды, футы, дюймы, линии... фунты, унции, граны, пинты – страшно подумать, сколько времени гениальный естествоиспытатель должен был тратить на совершенно ненужные умножения и деления.

Т.П. Кравец

I. Необходимость введения единых единиц измерения

Выполняя измерения, жители разных государств использовали для одних и тех же физических величин различные единицы измерения. Единицы измерения вводились произвольно. Удобно было измерять длину предмета, сравнивая ее с длиной какой-либо части тела. В каждом государстве эти единицы назывались по-разному. Сравним некоторые единицы измерения длин, которые использовались в Казахстане, России, Англии.

Расстояния, принятые за единицу измерения	Название единицы измерения		
	в Казахстане	в России	в Англии
Расстояние между вытянутыми большим и указательным пальцами	карыс	пядь	–
Длина ступни	табан	–	фут
Длина, равная 3 футам	–	–	ярд
Расстояние между разведенными в стороны руками	кұлаш	сажень	–
Расстояние, равное 500 сажням	шақырым	верста	–

Развитие торговых отношений между странами привело к необходимости введения единых единиц измерения. Такая необходимость возникла и в науке, ведь достижения ученых не являются достоянием одной отдельно взятой страны.

В 1875 г. была созвана Международная конференция по введению мер и весов. В результате работы конференции было создано Международное бюро мер и весов, основной целью которого было создание единых мер измерения физических величин.

II. Международная система единиц

В 1960 г. была создана Международная система единиц. Сокращенное обозначение «SI», на русском языке «СИ», в переводе с французского языка «systeme international» означает «система интернациональная».

Задания

1. Найдите правильные соотношения.
 - Один шақырым содержит 500 құлаш.
 - В одной версте 500 құлаш.
 - Один ярд состоит из трех табан.
 - Фут составляет одну треть часть ярда.
 - В одной версте 500 сажней.
2. Определите, величина какой сажени и пяди дана в таблице.

Интересно знать!

Международное бюро мер и весов находится во Франции, в городе Севр.

Международная система единиц – это совокупность основных и производных единиц физических величин, отражающих существующие взаимосвязи между ними.

Физическая величина	Единица измерения в СИ, ее обозначение
длина	метр, м
время	секунда, с
масса	килограмм, кг
температура	кельвин, К

За основу Международной системы принято семь единиц: метр, секунда, килограмм, моль, кельвин, ампер, кандела. Эталоны этих мер устанавливаются комиссией по мерам и весам. Изготовленные образцы хранятся в Международном бюро мер и весов. С развитием науки эталоны видоизменялись. К примеру, в качестве единицы длины – метра (от греч. *metron* – мера) была принята одна десятимиллионная часть четверти длины меридиана на долготе Парижской обсерватории. Эталон метра изготовили в 1799 г., он представлял собой платиновую линейку шириной 25 мм и толщиной 4 мм. Линейка оказалась короче истинного метра на 2 мм. В 1872 г. был изготовлен новый метр из сплава платины и иридия (рис. 6). Сечение эталона, напоминающее букву Х, защищало эталон от деформации. Однако «архивный метр» не продержался и столетия. В 1960 г. его сделали световым: $1650763,73$ длины волны оранжевого излучения атома изотопа криптона-86 стал эталоном метра. Изготовленные копии эталонов основных единиц измерения хранятся во всех странах, которые приняли Международную систему единиц. Для других физических величин единицы измерения выражаются через основные единицы по формулам связи этих величин. Например, единица измерения скорости – $\frac{м}{с}$.

Дольные приставки, их обозначения	Множитель
деци, д	0,1
сантиметры, с	0,01
милли, м	0,001
микро, мк	0,000001
нано, н	0,000000001

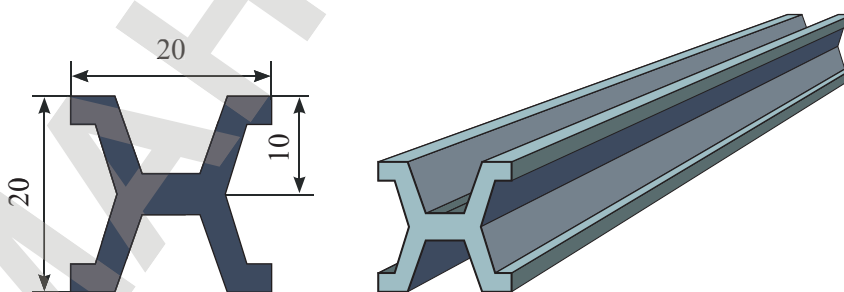


Рис. 6. Эталон метра 1872 года

Кусочки науки

$$200 \text{ мм} = 200 \cdot 0,001 \text{ м} = 0,2 \text{ м.}$$

$$400 \text{ см}^2 = 400 \cdot (0,01)^2 \text{ м}^2 = 400 \cdot 0,0001 \text{ м}^2 = 0,04 \text{ м}^2.$$

$$6 \text{ л} = 6 \text{ дм}^3 = 6 \cdot (0,1)^3 \text{ м}^3 = 6 \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 0,006 \text{ м}^3.$$

$$8 \text{ кг} = 8 \cdot 1000 \text{ г} = 8000 \text{ г.}$$

III. Метрическая система мер. Кратные и дольные десятичные приставки

В основу Международной системы лег десятичный принцип отсчета. Введенный в Индии, а затем заимствованный арабами, он распространился в Европе и стал использоваться во многих странах.

Систему, в которой преобразование сводится к умножению или делению на степень числа 10, то есть к простой перестановке запятой в десятичной дроби, называют метрической системой.

Для любой физической величины существует только одна главная единица и набор дольных и кратных единиц, образуемых с помощью десятичных приставок. Система кратных и дольных десятичных приставок представлена в таблице 1 Приложения 2. Большие числа записывают с использованием кратных приставок: *тера-*, *гига-*, *мега-*, *кило-*, *гекто-*, *дека-*. Малые числа записывают с использованием дольных приставок: *деци-*, *санти-*, *милли-*, *микро-*, *нано-*, *пико-*, *фемто-*, *атто-*.

IV. Запись чисел с кратными и дольными десятичными приставками

Кратная приставка *кило-* означает «тысяча», следовательно расстояние 45 000 м с использованием данной приставки запишется как 45 км, поскольку в указанном расстоянии содержится 45 участков по 1000 м:

$$45\,000 \text{ м} = 45\,000 : 1000 \text{ км} = 45 \text{ км.}$$

При записи числа с использованием кратной приставки число необходимо поделить на значение приставки.

Запишем число 5 м с дольной приставкой *милли-*. Приставка *милли-* означает $0,001 = \frac{1}{1000}$ долю от целого:

$$5 \text{ м} = 5 : \frac{1}{1000} \text{ мм} = 5 \cdot 1000 \text{ мм} = 5000 \text{ мм.}$$

Деление на дробное число заменяется умножением на знаменатель дроби.

При записи числа с дольной приставкой необходимо число умножить на число долей, соответствующее этой приставке.

Кратные приставки, их обозначения	Множитель
кило, к	1000
мега, М	1000000
гига, Г	1000000000

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой Международная система единиц?
2. Какой принцип отсчета был принят в СИ?
3. Какие кратные и дольные приставки вам известны?

ПРИМЕР

Определите объем мяча радиусом 10 см. Запишите результат в м^3 , дм^3 , см^3 , мм^3 .

Дано: $R = 10 \text{ см}$ $\pi = 3,14$	СИ 0,1 м	Решение: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$	Вычисление: $V = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (0,1)^3 \text{ м}^3 \approx 0,0042 \text{ м}^3$; $0,0042 \text{ м}^3 = 0,0042 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 4,2 \text{ дм}^3$; $0,0042 \text{ м}^3 = 0,0042 \cdot 1000000 \text{ см}^3 = 4200 \text{ см}^3$; $0,0042 \text{ м}^3 = 0,0042 \cdot 1000000000 \text{ мм}^3 = 4\,200\,000 \text{ мм}^3$.
$V = ?$			Ответ: $0,0042 \text{ м}^3$; $4,2 \text{ дм}^3$; 4200 см^3 ; $4\,200\,000 \text{ мм}^3$.

★ Упражнение 2

1. Спортивный комплекс «Медеу» расположен на высоте 1691 м в высокогорном урочище Медеу, вблизи г. Алматы. Выразите высоту в километрах, дециметрах, сантиметрах, миллиметрах.
2. Площадь искусственного ледового поля Медеу равна $10\,500 \text{ м}^2$. Выразите значение площади в км^2 , дм^2 , см^2 , мм^2 .
3. Определите объем слоя льда на Медеу, если толщина слоя льда равна 5 см. Выразите полученный результат в км^3 , м^3 , дм^3 , см^3 , мм^3 .



▲ Высокогорный спортивный комплекс «Медеу»

🏠 Упражнение 2д

1. Длина самого большого в РК водохранилища «Бухтарминское» достигает 600 км, ширина – 40 км, глубина – 80 м. Определите площадь поверхности и объем воды в водохранилище. Запишите результаты в СИ и с использованием приставки «кило-».
2. Сравните длину, ширину, глубину, площадь поверхности и объем воды Бухтарминского и Сергеевского водохранилищ. Длина Сергеевского водохранилища – 75 км, ширина – 7 км, глубина – 20 м.

? Ответьте на вопросы

1. Почему было необходимо введение Международной системы единиц?
2. Почему нельзя выполнять расчеты с числами, имеющими разные приставки?

Экспериментальное задание

С помощью линейки определите размеры бокала. Определите его объем. Запишите результат в м^3 , дм^3 , см^3 , мм^3 , литрах.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать основное отличие векторных величин от скалярных;
- изобразить вектор на рисунке и записать значение его проекции и модуля;
- назвать приборы для измерения различных физических величин;
- определить цену деления и показание измерительных приборов.

§ 4. Скалярные и векторные физические величины

Наука начинается с тех пор, как начинают измерять, точная наука немислима без меры.

Д.И. Менделеев

I. Физические величины

При описании тела или природного явления мы говорим об их характеристиках и свойствах. Например, пружина короткая, груз большой и тяжелый. Каждому свойству соответствует *физическая величина*. Характеристике «короткая» соответствует «длина». Размер груза можно охарактеризовать объемом, а тяжесть – массой.

Физическая величина – это количественная характеристика, отражающая какое-либо свойство тела или явления.

Каждая физическая величина имеет обозначение. Как правило, это буквы латинского или греческого алфавита: l – длина, m – масса, V – объем и т.д.

II. Скалярные и векторные физические величины

Все величины делят на скалярные и векторные. Если величина имеет направление, то ее называют *векторной*. Примерами векторных величин являются скорость, перемещение, сила. Кроме числового значения, для этих величин необходимо указывать направление. Например, силу, приложенную к телу, движущемуся вправо, изображают горизонтальной стрелкой, указывающей направо. Стрелку отмечают буквой, обозначающей силу, над которой ставится стрелка (рис. 7). Танкер с грузом переместился от пристани на 5 км в юго-западном направлении. На том же рисунке изображено \vec{s} – перемещение тела в юго-западном направлении.

Скалярные величины не имеют направление. Длина, масса, объем – примеры скалярных величин.

III. Измерение физических величин

Физическая величина имеет свою единицу измерения. С некоторыми из них вы уже знакомы. Длину измеряют в метрах (м), массу – в килограммах (кг), объем – в кубических метрах (м³).

✓ Возьмите на заметку!

Обозначение векторных величин:

- \vec{v} – скорость;
- \vec{s} – перемещение;
- \vec{F} – сила.

Обозначение числового значения (модуля) векторных величин:

- v – скорость;
- s – перемещение;
- F – сила.

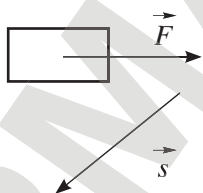


Рис. 7. Изображение векторной величины

Измеряя физическую величину, мы сравниваем ее с величиной, принятой за единицу измерения. Измерим длину доски. Определим, сколько целых метров, и какая еще часть от метра умещается на ней. Выполнив такое сравнение, мы определяем значение длины доски.

Измерение какой-либо величины – это сравнение ее с такой же физической величиной, принятой за единицу измерения.



IV. Выбор единиц измерения

Единицы измерения выбирают условно. Например, автор одного из мультфильмов «заставил» своих героев измерить длину удава в попугаях, приняв за единицу измерения длину попугая. Персонажи мультфильма получили результат, равный 38 попугаям и одному попугайскому крылышку.

V. Измерительные приборы

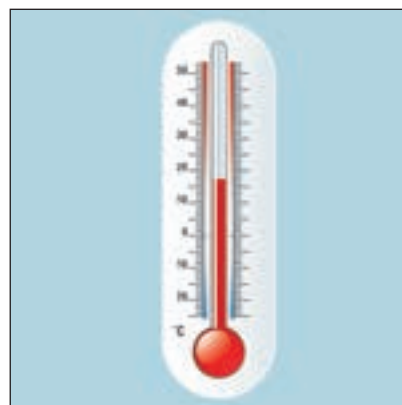
Многие физические величины можно измерить непосредственно с помощью прибора. Сравнивая длину доски с метром, мы воспользовались измерительным прибором – линейкой. Длина этой линейки была равна одному метру.

Устройства, служащие для измерения физических величин, называют измерительными приборами.



Ряд измерительных приборов представлен на рис. 8: линейка – для измерения длины; секундомер – для определения промежутка времени; мензурка – для измерения объема жидкости. Термометром измеряют температуру, весы используют для определения массы.

Измерительные приборы отличаются от других приборов наличием шкалы либо дисплея, на который выводится значение измеряемой величины.



VI. Шкала измерительного прибора. Цена деления шкалы

Большинство измерительных приборов имеет шкалу.

Шкала прибора – это отсчетная панель прибора с нанесенными на нее делениями и числами.



Рис. 8. Измерительные приборы

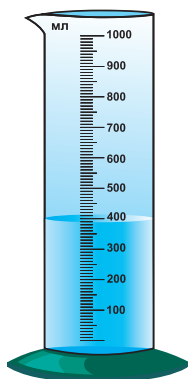


Рис. 9. Мензурка – измерительный цилиндр

На шкале прибора указана единица измеряемой величины. Для снятия показания прибора необходимо определить *цену деления его шкалы*.

Цена деления шкалы прибора – это значение измеряемой величины, соответствующее одному наименьшему делению прибора.

Порядок определения цены деления прибора

1. Найдите разность двух соседних чисел на шкале прибора:
 $800 \text{ мл} - 700 \text{ мл} = 100 \text{ мл}$ (рис. 9).
2. Определите число делений между этими числами (число промежутков между черточками): $n = 10$.
3. Разность чисел поделите на число делений. Полученный результат является ценой деления шкалы прибора:

$$\text{ц. д.} = \frac{100 \text{ мл}}{10} = 10 \text{ мл.}$$

VII. Определение показания прибора

При известном значении цены деления прибора показание прибора можно определить двумя способами.

Порядок определения объема жидкости, налитой в мензурку

Способ 1

1. Подсчитайте число делений между уровнем жидкости и последним штрихом на шкале, обозначенным числовым значением в той части мензурки, которая заполнена жидкостью: $n = 6$.
2. Число делений умножьте на цену деления прибора:
 $6 \cdot 10 \text{ мл} = 60 \text{ мл}$.
3. Полученный результат сложите с числом, до которого были отсчитаны деления:
 $500 \text{ мл} + 60 \text{ мл} = 560 \text{ мл}$.

Способ 2

1. Подсчитайте все деления мензурки, которые заполнены жидкостью: $n = 56$.
2. Число делений умножьте на цену деления прибора:
 $56 \cdot 10 \text{ мл} = 560 \text{ мл}$.

Проведенное нами измерение называется прямым методом измерения.

Метод определения физической величины непосредственно с помощью измерительного прибора называют прямым методом измерения.



Задания

1. Назовите пять измерительных приборов, не указанных в параграфе.
2. В чем основное отличие измерительного прибора от других физических приборов?
3. Изобразите мензурку вместимостью 30 мл с ценой деления 2 см³.
4. Изобразите на рисунке уровень жидкости объемом 18 см³.

★ **Упражнение** 3

1. Определите цену деления и показание приборов, изображенных на *рис. 8*.
2. Заполните пустые ячейки таблицы.

Физическая величина	Единица измерения	Измерительный прибор
масса		
		мензурка
	метр	
		палетка
скорость		

🏠 **Упражнение** 3д

1. Запишите нижеприведенные слова в соответствующую колонку таблицы, предварительно перечертив ее в тетрадь.

Вещество	Физическое тело	Физическая величина	Единица измерения	Измерительный прибор

Длина, алюминий, дерево, объем, литр, секундомер, стекло, машина, масса, метр, линейка, пластмасса, весы, здание, килограмм. В каждой колонке допишите по два дополнительных примера.

2. Используя линейку, определите длину, ширину, толщину учебника.

Контрольные вопросы

1. Что такое физическая величина?
2. В чем различие векторных и скалярных величин?
3. Что значит «измерить физическую величину»?
4. Какие устройства называются измерительными приборами?
5. В каких единицах измеряются длина, площадь, объем, время?
6. Что такое цена деления прибора?
7. Как определяют цену деления измерительного прибора?
8. Как определяют показание прибора?

❓ **Ответьте на вопросы**

1. Почему в физике вводятся физические величины?
2. Почему для перемещения или силы необходимо указывать направление?
3. Почему цена деления различных измерительных приборов отличается?

Творческое задание

Изготовьте модель измерительного прибора – часов с часовой, минутной и секундной стрелками, напишите к ней паспорт. Разделы документа разработайте самостоятельно, предварительно изучив паспорт бытового прибора, например утюга или пылесоса.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- определить погрешность отсчета измерительных приборов;
- записать показание приборов с учетом погрешности;
- записать большие и малые числа в стандартном виде; разложить число в стандартном виде на множители;
- выполнить с числами в стандартном виде сложение, вычитание, умножение, деление;
- выразить кратные и дольные приставки в стандартном виде.

§ 5. Точность измерений и вычислений. Запись больших и малых чисел

В каждой естественной науке заключено столько истины, сколько в ней есть математики.

И. Кант

I. Определение погрешности при прямом методе измерения

Ни одно измерение не обходится без погрешностей. Причин тому много: несовершенство приборов, невозможность точного считывания результата со шкалы, влияние внешних условий на проведение опыта. Например, изменение температуры может изменить длину тела.

Определим абсолютную погрешность при прямом измерении.

Абсолютная погрешность включает в себя погрешность инструментальную и погрешность отсчета (погрешность считывания результата со шкалы):

$$\Delta A = \Delta_{\text{и}} A + \Delta_{\text{о}} A,$$

где ΔA – абсолютная погрешность, допущенная при измерении величины A ;

$\Delta_{\text{и}} A$ – инструментальная погрешность, она зависит от чувствительности прибора, определяется его классом точности;

$\Delta_{\text{о}} A$ – погрешность отсчета, которую может допустить экспериментатор.

Погрешность отсчета при однократном измерении определяется половиной цены деления прибора:

$$\Delta_{\text{о}} A = \frac{\text{ц. д.}}{2},$$

A – это любая физическая величина.

При измерении объема обозначение A нужно заменить на V , тогда формула для абсолютной погрешности запишется в виде:

$$\Delta V = \Delta_{\text{и}} V + \Delta_{\text{о}} V.$$

Пока мы ограничимся только погрешностью отсчета:

$$\Delta A = \Delta_{\text{о}} A = \frac{\text{ц. д.}}{2},$$

при измерении объема погрешность отсчета равна:

$$\Delta V = \Delta_{\text{о}} V = \frac{\text{ц. д.}}{2}.$$

! Обратите внимание!

Физическая величина и абсолютная погрешность измеряются в одних и тех же единицах. Она указана на шкале измерительного прибора.

🔍 Кусочки науки

Цена деления школьной линейки равна 1 мм, следовательно погрешность отсчета при измерении длины составляет 0,5 мм.

II. Запись значения величины с учетом абсолютной погрешности

Значение величины с учетом погрешности записывается следующим образом:

$$A = A_{\text{изм}} \pm \Delta A,$$

при определении объема:

$$V = V_{\text{изм}} \pm \Delta V,$$

где $A_{\text{изм}}$ – значение величины, которое показывает прибор;

$V_{\text{изм}}$ – значение объема, которое показывает мензурка.

Например, объем жидкости, налитой в мензурку (рис. 9), с учетом погрешности равен

$$V = 560 \text{ мл} \pm 5 \text{ мл},$$

$$\text{т.к. } \Delta_0 V = \frac{\text{ц.д.}}{2} = \frac{10 \text{ мл}}{2} = 5 \text{ мл}.$$

Это значит, что любое значение в интервале от 555 мл до 565 мл может быть истинным значением объема жидкости, налитой в мензурку.

III. Приближенная запись больших и малых чисел

В физике приходится работать как с большими, так и малыми значениями физических величин. Расстояние между Солнцем и Землей составляет 149598550000 м, масса наименьшей частицы кислорода составляет 0,00000000000000000000000000266 кг. Числа можно записать с десятичными приставками, но выполнять расчеты с ними нельзя, поэтому записывать большие и малые числа принято в стандартном виде.

Стандартная запись чисел – это запись чисел в виде $a \cdot 10^n$, где a – число, для которого выполняется условие $1 \leq a \leq 10$; n – любое целое число, положительное, отрицательное, или равное 0.

Это число называется *показателем*, оно показывает, сколько раз нужно умножить или разделить число на 10.

Необходимо помнить, что $10^0 = 1$.

Числа, приведенные выше, в стандартном виде запишем следующим образом: $149598550000 \text{ м} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$.

$$0,00000000000000000000000000266 \text{ кг} = 2,66 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

В таблице даны примеры записи ряда приближенных значений физических величин с использованием десятичных приставок и в стандартном виде.

Задание

Запишите объем жидкости, налитой в изображенную вами мензурку, с учетом погрешности отсчета. Какой интервал значений может быть истинным для объема жидкости на изображенном вами рисунке?

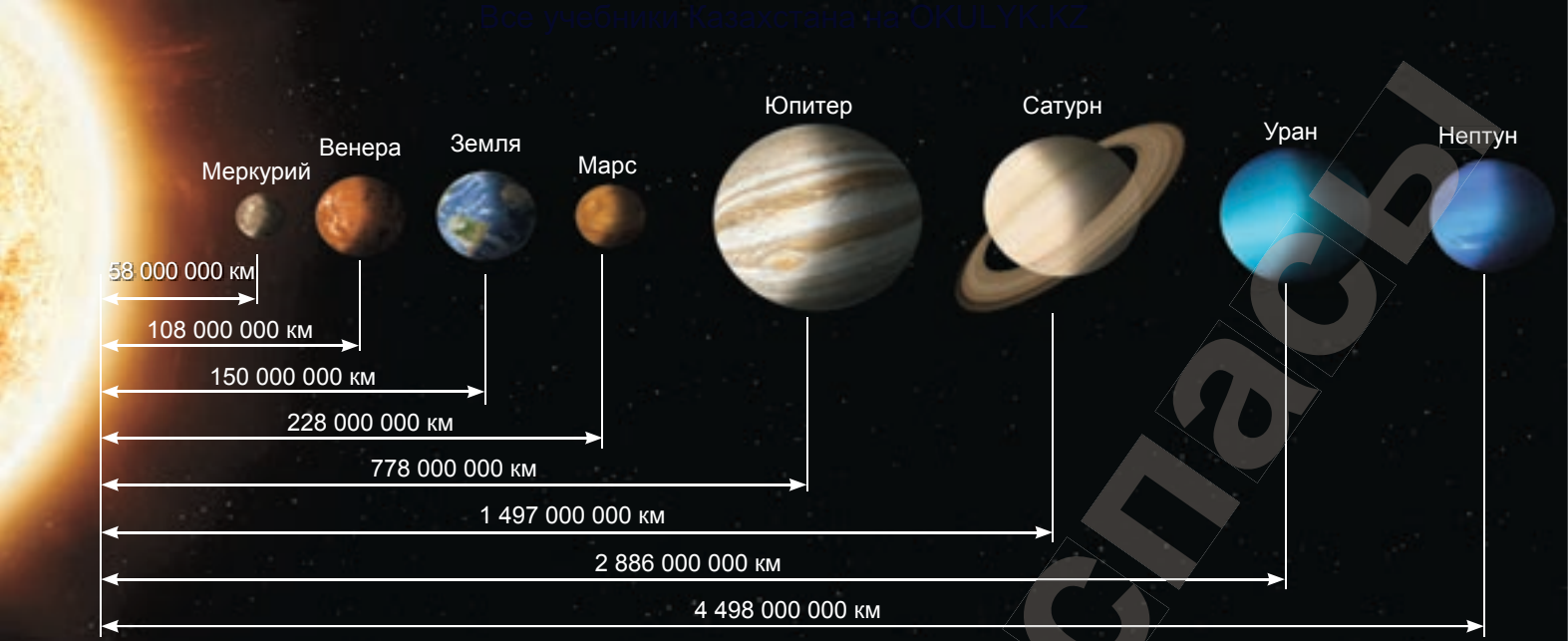
Кусочки науки

Для мензурки с ценой деления 2 см³ погрешность отсчета равна 1 см³.

Кусочки науки

Посчитайте, сколько знаков после первого знака содержит число 3 540 000, показатель 10 будет равен этому числу с положительным знаком:
 $3\,540\,000 = 3,54 \cdot 10^6$.

Посчитайте, сколько знаков после запятой содержит число 0,000000354, включая первую значащую цифру. Показатель 10 будет равен этому числу с отрицательным знаком:
 $0,000000354 = 3,54 \cdot 10^{-7}$.



▲ Планеты Солнечной системы

Задание
Вычислите, используя данные таблицы.

- Во сколько раз толщина листа бумаги больше толщины стенки мыльного пузыря?
- Во сколько раз сутки превышают время, в течение которого свет от Солнца доходит до Земли?
- Сколько взмахов крылышками совершает муха за одну секунду?
- Во сколько раз радиус Солнца больше радиуса Земли?

Величина	Запись с десятичной приставкой	Запись в стандартном виде
Время, в течение которого свет от Солнца доходит до Земли	1 кс	10^3 с
Время, в течение которого муха делает один взмах крылышками	1 мс	10^{-3} с
Расстояние от Земли до Солнца	100 Гм	10^{11} м
Радиус Солнца	1 Гм	10^9 м
Радиус Земли	10 Мм	10^7 м
Толщина листа бумаги	100 мкм	10^{-4} м
Толщина стенки мыльного пузыря	100 нм	10^{-7} м

IV. Действия с числами в стандартном виде

Действия с числами в стандартном виде выполняются следующим образом:

1. Сложение чисел $a \cdot 10^n$ и $b \cdot 10^n$.

При сложении чисел с десятками, показатели которых одинаковы, числа перед десятками складываются и умножаются на десятку с тем же показателем.

$$(a \cdot 10^n) + (b \cdot 10^n) = (a + b) \cdot 10^n.$$

2. Вычитание чисел $a \cdot 10^n$ и $b \cdot 10^n$.

При вычитании чисел с десятками, показатели которых одинаковы, определяется разность чисел перед десятками, результат умножается на десятку с тем же показателем.

$$(a \cdot 10^n) - (b \cdot 10^n) = (a - b) \cdot 10^n.$$

Задание
Вычислите, используя данные рисунка.

- Во сколько раз расстояние от Солнца до Сатурна больше, чем расстояние до Земли?
- На сколько расстояние от Солнца до Венеры меньше, чем до Земли?
- Какое расстояние между Марсом и Юпитером в момент, когда они находятся на одной линии с Солнцем?

3. Умножение чисел $a \cdot 10^n$ и $b \cdot 10^m$.

При умножении чисел в стандартном виде перемножаются числа перед десятками, показатели десятков складываются. Полученные результаты перемножаются.

$$(a \cdot 10^n) \cdot (b \cdot 10^m) = a \cdot b \cdot 10^{n+m}.$$

4. Деление чисел $a \cdot 10^n$ и $b \cdot 10^m$.

При делении числа перед десятками делятся, показатели степени числа 10 вычитаются. Полученные результаты перемножаются.

$$(a \cdot 10^n) : (b \cdot 10^m) = \frac{a}{b} \cdot 10^{n-m}.$$

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой стандартная запись чисел?
2. Как выполняются действия с числами в стандартном виде?

★ Упражнение 4

1. Выполните действия:
 - а) $(1,5 \cdot 10^4) + (2,5 \cdot 10^4)$;
 - б) $(2 \cdot 10^3) - (5 \cdot 10^3)$;
 - в) $(1,5 \cdot 10^7) \cdot (2 \cdot 10^7)$;
 - г) $(3,5 \cdot 10^5) : (1,75 \cdot 10^3)$.
2. Определите время по механическим часам с учетом погрешности. Какая стрелка часов дает большую погрешность?

🏠 Упражнение 4д

1. Выполните действия:
 - а) $(2,4 \cdot 10^3) + (1,6 \cdot 10^3)$;
 - б) $(2,4 \cdot 10^3) - (0,4 \cdot 10^3)$;
 - в) $(4,2 \cdot 10^3) \cdot (2 \cdot 10^2)$;
 - г) $(4,2 \cdot 10^3) : (2,1 \cdot 10^2)$.
2. Измерьте длину, ширину и высоту комнаты. Запишите результаты измерений с учетом погрешности. В каком случае погрешность измерения будет больше: при использовании измерительной ленты или школьной линейки?

🔗 Кусочки науки

1. Сложение:
 $(3 \cdot 10^4) + (1,5 \cdot 10^4) = 4,5 \cdot 10^4$.
2. Вычитание:
 $(3 \cdot 10^4) - (1,5 \cdot 10^4) = 1,5 \cdot 10^4$.
3. Умножение:
 $(3 \cdot 10^4) \cdot (1,5 \cdot 10^6) = 4,5 \cdot 10^{10}$.
4. Деление:
 $(3 \cdot 10^4) : (1,5 \cdot 10^6) = 2 \cdot 10^{-2}$.



▲ Механические часы

🔗 Ответьте на вопросы

1. Почему нельзя отложить отрезок 3 мм, используя линейку с ценой деления 5 мм?
2. Почему определению погрешности в измерениях уделяется первостепенное значение?
3. Почему проводя расчеты, физики предпочитают запись чисел в стандартном виде?

Итоги главы II

Глоссарий

Измерительные приборы – устройства, созданные для измерения физических величин.

Измерение какой-либо величины – это сравнение ее с такой же физической величиной, принятой за единицу измерения этой величины.

Международная система единиц – это совокупность основных и производных единиц физических величин, отражающих существующие взаимосвязи между ними.

Прямой метод измерения – это метод измерения физической величины непосредственно с помощью измерительного прибора.

Стандартная запись чисел – это запись чисел в виде $a \cdot 10^n$.

Физическая величина – это количественная характеристика, отражающая какое-либо свойство тела или явления.

Цена деления шкалы прибора – это значение измеряемой физической величины, соответствующее одному наименьшему делению прибора.

Контрольный тест**Вариант 1А**

1. **Количественная характеристика, отражающая какое-либо свойство тела или явления.**
 - А) Единица измерения.
 - В) Физическая величина.
 - С) Определение.
 - Д) Формула.
2. **Значение измеряемой физической величины, соответствующее одному наименьшему делению прибора.**
 - А) Шкала прибора.
 - В) Цена деления.
 - С) Показание прибора.
 - Д) Шкала деления.
3. **Метод измерения физической величины непосредственно с помощью измерительного прибора.**
 - А) Косвенное измерение.
 - В) Приблизительное измерение.
 - С) Непосредственное измерение.
 - Д) Прямое измерение.
4. **Совокупность основных и производных единиц физических величин, принятых в большинстве стран мира.**
 - А) Таблица единиц измерения.
 - В) Абсолютная система единиц.
 - С) Система СГС.
 - Д) Международная система единиц.
5. **Устройства, созданные для измерения физических величин.**
 - А) Физические приборы.
 - В) Измерительные приборы.
 - С) Единицы измерения.
 - Д) Эталоны единиц измерения.
6. **Прибор для определения длины тела, основная единица измерения длины.**
 - А) Линейка, сантиметр.
 - В) Линейка, миллиметр.
 - С) Линейка, метр.
 - Д) Измерительная лента, сантиметр.
7. **Определите цену деления мензурки, если соседние числа, указанные на шкале прибора, – 100 мл и 150 мл, а число делений между ними – 20.**
 - А) 2,5 мл.
 - В) 5 мл.
 - С) 7,5 мл.
 - Д) 12,5 мл.

Вариант 2А

1. **Отсчетная панель прибора с нанесенными на нее делениями и числами.**
 - А) Шкала прибора.
 - В) Цена деления.
 - С) Показания прибора.
 - Д) Шкала деления.
2. **Абсолютная погрешность отсчета при прямом измерении определяется:**
 - А) целым значением цены деления прибора.
 - В) половиной цены деления прибора.
 - С) двойным значением цены деления.
 - Д) по паспорту измерительного прибора.
3. **Стандартная запись чисел – это запись чисел в виде:**
 - А) $a \cdot 10^n$.
 - В) $a \cdot n^{10}$.
 - С) $a \cdot n$.
 - Д) $10 \cdot a^n$.
4. **Сравнение физической величины с однородной величиной, принятой за единицу измерения этой величины.**
 - А) Анализ.
 - В) Наблюдение.
 - С) Измерение.
 - Д) Уточнение.
5. **Прибор для определения объема жидкости, основная единица измерения объема.**
 - А) Мензурка, см^3 .
 - В) Мерный стакан, мл.
 - С) Мензурка, м^3 .
 - Д) Мензурка, л.
6. **Выберите верное соответствие физической величины и ее единицы измерения.**
 - А) Время, килограмм.
 - В) Длина, секунда.
 - С) Площадь, квадратный метр.
 - Д) Масса, метр.
7. **Определите цену деления секундомера, если соседние числа, указанные на шкале прибора, – 20 с и 30 с, число делений между ними – 20.**
 - А) 0,5 с.
 - В) 0,5 мин.
 - С) 1 с.
 - Д) 1,5 с.

ГЛАВА III

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Изучив главу, вы сможете:

- объяснять смысл понятий: материальная точка, траектория, путь, перемещение, система отсчета; относительность механического движения;
- приводить примеры относительности механического движения;
- различать прямолинейное равномерное и неравномерное движение;
- вычислять скорость и среднюю скорость движения тел;
- строить график зависимости s от t , применяя обозначение единиц измерения на координатных осях графиков и в таблицах;
- определять по графику зависимости перемещения тела от времени, когда тело: (1) находится в состоянии покоя, (2) движется с постоянной скоростью;
- находить скорость тела по графику зависимости перемещения от времени при равномерном движении.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определения физическим терминам: «механическое движение», «материальная точка», «система отсчета», «траектория», «путь», «перемещение», «координата»;
- указать различие понятий: «траектория», «путь», «перемещение»;
- установить связь координаты тела с перемещением;
- изобразить на оси начальную и конечную координаты тела и его перемещение;
- определить перемещение тела по координатам тела.

§ 6. Механическое движение и его характеристики. Система отсчета

Так как природа есть начало движения и изменения, а предмет нашего исследования является природа, то нельзя оставлять невыясненным, что такое движение: ведь незнание движения необходимо влечет незнание природы.

Аристотель

I. Механическое движение

В окружающем нас мире понятие «движение» имеет широкий смысл. Движением можно назвать любое изменение, происходящее в природе. Рассвет, дождь, движение воды в реке, рост дерева и даже рост волос – все это примеры движения. В природе все течет, все изменяется. *Движение – это неотъемлемое свойство материи.* Но из всего разнообразия изменений только один вид называется механическим движением.

Механическое движение – это изменение положения тела в пространстве с течением времени относительно других тел.

Примерами механического движения являются полет птиц, самолета, движение поезда, машины.

II. Материальная точка

Изучая движение тела больших размеров, мы сталкиваемся с проблемой: нужно ли рассматривать движение всех точек тела по отдельности? Во многих задачах вместо движения тела рассматривают движение точки, которую принято называть материальной.

Материальная точка – это тело, размерами которого можно пренебречь в сравнении с расстоянием, на котором рассматривается его движение.

Например, состав, движущийся из одного города в другой, можно принять за материальную точку. Земля при движении вокруг Солнца также является материальной точкой.

Если тело проходит расстояние, сравнимое с его размером, но при этом все точки тела совершают одинаковое движение, то и в этом случае можно рассмотреть движение только одной точки тела. Например, любая точка санок, скатывающихся с горы, совершает одно и то же движение.

III. Траектория движения

При движении тело может оставить след: лыжню, отпечатки ног на песке, след реактивного самолета или «метеоритный дождь», т.е. линию, вдоль которой оно двигалось (рис. 10).

Эта линия может быть воображаемой, как, например, при полете мяча или птицы.

Линию, которую описывает тело при движении относительно тела отсчета, называют траекторией.

IV. Путь и перемещение

Очень важно различать понятия «пройденный путь» и «перемещение». Например, по сообщению, в котором говорится, что группа туристов находится в 260 км к юго-востоку от Кокшетау, можно судить только об их перемещении и предположить, что они находятся в Астане. Но совершенно невозможно указать их траекторию движения и определить пройденный путь (рис. 11). Траектория движения и пройденный путь могут быть различными.

Пройденный путь – это физическая величина, равная длине траектории, вдоль которой двигалось тело.

Пройденный путь обозначают буквой l (length – длина). Основная единица измерения пути в СИ – метр. Перемещение обозначается буквой s , измеряется так же, как и пройденный путь, в метрах. В отличие от пройденного пути, перемещение имеет направление. На рисунках над обозначением перемещения ставится стрелка \vec{s} (рис. 11).

Перемещение – это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.



Аристотель (384–322 гг. до н.э.) – древнегреческий философ, охвативший своими трудами все области знаний древнего мира. В 335 г. основал философскую школу. Оказал огромное влияние на развитие науки.



Рис. 10. Траектории движения самолетов



Рис. 11. Путь и перемещение

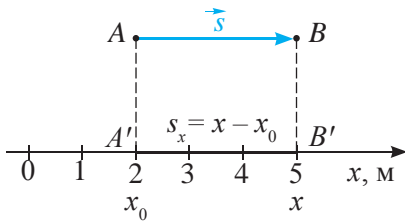


Рис. 12. Координаты и перемещение тела, движущегося по направлению оси Ox

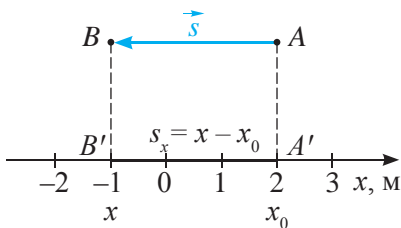


Рис. 13. Координаты и перемещение тела, движущегося против направления Ox

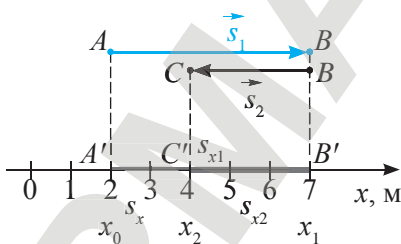


Рис. 14. Координаты и перемещение тела, меняющего направление движения

V. Связь пройденного пути с перемещением и координатами тела

Местоположение тела определяют по его координате, изменение положения тела – по перемещению.

Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Тело, которое можно считать материальной точкой, движется из точки A в точку B по направлению оси Ox (рис. 12).

Начальная координата тела равна $x_0 = 2$ м, конечная координата $x = 5$ м. Перемещение тела вдоль оси Ox будет равно:

$$s_x = 5 \text{ м} - 2 \text{ м} = 3 \text{ м},$$

или:

$$s_x = x - x_0.$$

Значок « x » у обозначения перемещения s_x указывает на то, что движение тела рассматривают относительно оси Ox . Величину s_x называют *проекцией* вектора \vec{s} на ось Ox . В рассмотренном случае путь, пройденный телом, равен перемещению:

$$l = s_x.$$

Пример 2. Материальная точка движется из точки A в точку B по прямой в сторону, противоположную оси Ox (рис. 13). Начальная координата тела $x_0 = 2$ м, конечная координата $x = -1$ м. Из формулы связи перемещения с координатами, полученной в предыдущем примере, следует:

$$s_x = x - x_0, \\ s_x = -1 \text{ м} - 2 \text{ м} = -3 \text{ м}.$$

Знак « $-$ » указывает на то, что тело двигалось против оси Ox . В таком случае пройденный путь равен модулю перемещения:

$$l = |s_x|.$$

Рассчитаем пройденный путь в том случае, когда тело меняет направление движения.

Пример 3. Пусть тело движется из точки A в точку B по направлению оси Ox и затем в точку C против направления оси Ox (рис. 14).

Найдем перемещение на участке AB :

$$s_{x1} = x_1 - x_0 = 7 \text{ м} - 2 \text{ м} = 5 \text{ м}.$$

Перемещение на участке BC :

$$s_{x2} = x_2 - x_1 = 4 \text{ м} - 7 \text{ м} = -3 \text{ м}.$$

Общее перемещение от A до C :

$$s_x = s_{x1} + s_{x2}, \\ s_x = 5 \text{ м} + (-3 \text{ м}) = 2 \text{ м}.$$

Общее перемещение можно найти по конечной координате $x_2 = 4$ м и начальной $x_0 = 2$ м, как в первом и втором примерах:

$$s_x = x_2 - x_0, \\ s_x = 4 \text{ м} - 2 \text{ м} = 2 \text{ м}.$$

Результат получился тот же самый: 2 м.

Для определения пройденного пути нужно сложить пути на каждом участке:

$$l = l_1 + l_2 = |s_{x1}| + |s_{x2}| = 5 + |-3| = 8 \text{ (м)}.$$

В данном случае пройденный путь не равен перемещению.

Подведем итог приведенным примерам:

- Если материальная точка движется по направлению оси Ox , то проекция перемещения положительная. Пройденный путь равен проекции перемещения:

$$l = s_x.$$

- Если материальная точка движется против оси Ox , то ее проекция перемещения имеет отрицательное значение. Пройденный путь равен модулю перемещения:

$$l = |s_x|.$$

- Если точка меняет направление движения, то пройденный путь равен сумме модулей проекций перемещения в каждом направлении:

$$l = l_1 + l_2 = |s_{x1}| + |s_{x2}|.$$

- Если известны начальная и конечная координаты, то проекцию перемещения на ось Ox можно определить по их разности:

$$s_x = x - x_0.$$

VI. Система отсчета

Все явления происходят где-то и когда-то, т.е. в пространстве и времени. Поэтому для изучения механического движения тела необходимо выбрать *систему отсчета*, которая состоит из тела отсчета, системы координат и прибора для измерения времени.



Телом отсчета может быть любое тело.

Тело отсчета – это тело, относительно которого рассматривается изменение положения других тел.

✓ Возьмите на заметку!

Если тело меняет направление движения, то пройденный путь по значению больше перемещения!

? Ответьте на вопросы

1. Почему при нулевом значении перемещения нельзя утверждать, что пройденный путь равен 0?
2. Почему оплата автобусного рейса определяется не по перемещению, а по пройденному пути?

▼ Автобус движется, меняя свое положение относительно столбов, деревьев, зданий.

Рассмотрим движение автобуса. Он движется, если меняет положение относительно деревьев, столбов, зданий. Деревья, столбы, здания являются примерами тел отсчета. Свяжем выбранную систему координат с остановкой, тогда в любой момент времени, зафиксированного по часам, можно определить координату автобуса относительно выбранного тела отсчета. Ось, как правило, направляем по траектории тела, движущегося прямолинейно.

VII. Пространство и время

При изучении механического движения на планете Земля используется представление И. Ньютона о пространстве и времени. Считая пространство «вместилищем тел», а время «вместилищем событий», Ньютон был убежден, что пространство и время неизменны, они не зависят ни от тел, ни от изменений, происходящих с ними.

Пространство и время – это формы существования материи. Они остаются неизменными в земных условиях и не зависят от изменений, происходящих с материей.

Одним из самых простых приборов для определения отрезка пространства является линейка, а для времени – часы.

Контрольные вопросы

1. Что такое механическое движение?
2. Что такое тело отсчета?
3. Какие тела можно выбрать в качестве тел отсчета?
4. Что такое пространство и время?
5. Какими приборами определяется отрезок пространства, промежуток времени?
6. Что такое материальная точка, траектория, пройденный путь, перемещение?
7. В чем различие пройденного пути и перемещения?
8. Какой величиной определяется местоположение тела в пространстве, изменение местоположения тела в пространстве?
9. Как определяют перемещение тела при известных начальной и конечной координатах?
10. Как связаны между собой пройденный путь и перемещение?

★ Упражнение 5

- На рис. 15 изображены точки A , B и C . Определите:
 - их координаты;
 - перемещение тела и пройденный путь от точки A до точки B ;
 - перемещение тела и пройденный путь от точки B до точки C ;
 - перемещение тела и пройденный путь от точки A до точки C .
- Длина республиканского велотрека «Сарыарка» в Астане составляет 250 м. Определите пройденный путь и перемещение велогонщика, сделавшего три полных круга.

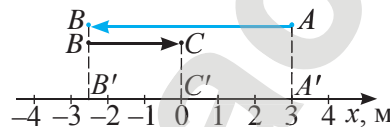


Рис. 15. Тело меняет направление движения в точке B

🏠 Упражнение 5д

Какими будут пройденный путь и перемещение, если тело совершило один полный оборот по окружности радиусом 1 м? Длина окружности определяется по формуле: $l = 2\pi R$.

Экспериментальное задание

Сантиметровой лентой измерьте длину своего шага. Посчитайте количество шагов от школы до дома, определите пройденный путь. Изобразите траекторию движения в удобном для вас масштабе (например, М: в 1 см – 20 м). На полученном рисунке изобразите перемещение. По длине отрезка определите значение перемещения. Чему будут равны пройденный путь и перемещение, если вы вернетесь обратно в школу?

▼ Республиканский велотрек «Сарыарка» (г. Астана)



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- привести примеры тел, движущихся относительно одних систем отсчета и покоящихся относительно других;
- привести примеры траектории и скорости движения тел;
- объяснить смысл понятия «относительность механического движения»;
- предложить варианты использования относительности движения в жизни человека.

§ 7. Относительность механического движения

I. Относительность движения

Вагон поезда, находясь в движении, может в то же время оставаться в покое. Это возможно в том случае, если за тело отсчета выбрать разные тела. В первом случае телом отсчета могли быть земля или столбы вдоль дорожного полотна, во втором случае за тело отсчета был принят другой вагон того же поезда (рис. 16). Движение вагона первого поезда относительно столбов отличается от его движения относительно второго поезда. Знания об относительности движения позволили разработать способ дозаправки самолета во время полета. Нужно добиться, чтобы самолеты летели в одном направлении с одинаковой скоростью. Комбайну не нужно останавливаться для сброса собранного урожая в грузовую машину. Грузовая машина и комбайн должны двигаться с одинаковой скоростью (рис. 17).

Наблюдая за движением окружающих нас тел, можно прийти к ложному выводу, что тела, которые не движутся относительно Земли, всегда находятся в покое. Если за тело

Рис. 16. Скорость поезда относительна





Рис. 17. Движущиеся машины неподвижны относительно друг друга

отсчета принять движущееся относительно Земли тело, то все покоящиеся относительно Земли тела придут в движение. Если за тело отсчета взять Солнце, то тела, находящиеся в покое относительно Земли, будут двигаться вокруг Солнца со скоростью Земли, равной 30 км/с. За одну секунду Земля переносит нас в пространстве на 30 км! Находясь на Земле, мы движемся точно с такой же скоростью и не ощущаем ее.

Наблюдая за зданиями, деревьями из движущегося автомобиля, вы видите, как они движутся вам навстречу.

Выбирая за тело отсчета движущееся тело, мы должны двигаться вместе с ним с его скоростью и наблюдать, что при этом произойдет с окружающими телами.

Движение тела относительно. Тело может двигаться относительно одних тел отсчета и одновременно находиться в покое относительно других.

II. Относительность траектории движения

Траектория движения тела относительна, она зависит от выбора тела отсчета.

Рассмотрим движение точек колеса движущегося автомобиля. Мысленно переместимся в его центр, любая точка колеса будет описывать окружность (рис. 18, а). Переместимся на обочину дороги, рассмотрим движение колеса относительно земли. Точки колеса будут двигаться по более сложной траектории (рис. 18, б). Такая линия называется *циклоидой*. Окружность и циклоида – кривые линии, следовательно, движение точек *криволинейное*.



Ответьте на вопросы

1. Почему сложно ориентироваться в тумане?
2. Почему, находясь в поезде и наблюдая за движением проходящего рядом состава, невозможно определить, движется ваш поезд или находится в покое?
3. Почему одно и то же тело может одновременно двигаться по разным траекториям?

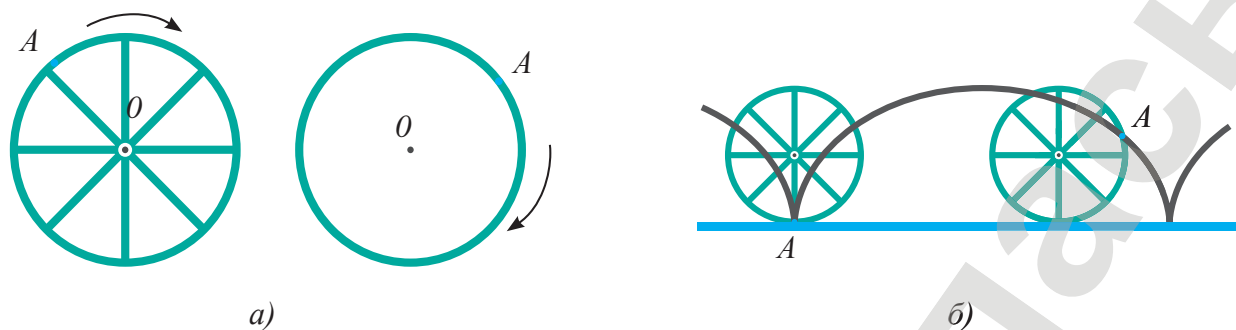


Рис. 18. Траектория зависит от выбора точки отсчета

Ответьте на вопрос

Почему транспортировка леса в виде плотов приносит экологический вред? Назовите тела, относительно которых плот движется и покоится.

Если колесо принять за материальную точку, т.е. пренебречь его размерами, и рассмотреть его движение на прямолинейном участке пути, то траекторией движения будет прямая линия. Прямую линию, оставленную движущимся колесом, мы можем рассмотреть на песке. В последнем случае движение называют прямолинейным.

▼ Скорость велосипеда зависит от условий местности, типа велосипеда и от навыков велосипедиста.

Контрольные вопросы

1. Почему суточное движение Земли не учитывают, когда рассматривают ее движение вокруг Солнца?
2. Почему нельзя утверждать, что в природе есть покоящиеся тела?
3. При каком условии тела, движущиеся в одном направлении, удаляются друг от друга, при каком условии сближаются?

Экспериментальные задания

1. Пронаблюдайте за каплями дождя на заднем и боковом стекле покоящегося и движущегося автобуса. Сделайте выводы.
2. Проведите аналогичный опыт в домашних условиях. Сделайте маленькое отверстие в крышке пластмассовой бутылки. Струю воды направьте на неподвижную поверхность. Повторите опыт, при этом поверхность приведите в движение. Можно ли добиться того же результата движением пластмассовой бутылки? Сделайте выводы.

Творческое задание

Приведите два примера использования относительности движения в жизни человека, предложите два своих варианта использования относительности движения.

► Для определения промежутка времени, за который человек проходит некоторое расстояние, используют секундомер.

Эксперимент в классе

Встаньте с одноклассником на некотором расстоянии друг от друга. С помощью секундомера определите промежуток времени, за который один из вас пройдет это расстояние. Определите время, за которое вы преодолеете это же расстояние, двигаясь навстречу друг другу. Что можно сказать о вашей скорости движения относительно друг друга в каждом случае? Изменится ли этот вывод, если вы будете удаляться друг от друга?



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определения терминам «неравномерное движение»; «равномерное движение»;
- привести примеры и указать основное различие равномерного и неравномерного движений.

§ 8. Прямолинейное равномерное и неравномерное движение

I. Неравномерное движение

Наблюдая за движением окружающих нас тел, мы можем заметить, что они движутся по-разному. Мысленно рассмотрим движение двух машин на прямолинейном участке дороги. Можно ли утверждать, что машины ехали по всему участку дороги одинаково, если они стартовали и финишировали одновременно? Утвердительный ответ может быть ошибочным, ведь во время движения машины могли обгонять друг друга. Даже одно и то же тело движется то быстрее, то медленнее. При движении на различных участках пути машинист поезда вынужден или снижать скорость, или повышать ее, или останавливать состав. Движения любого вида транспорта, животных, полет птиц, футбольного мяча, вращение Земли вокруг Солнца являются неравномерными.

Если тело за любые равные промежутки времени проходит разные пути, то такое движение называют неравномерным.

II. Равномерное движение

Сложно найти тело, которое за любые промежутки времени проходит одно и то же расстояние. Такой вид движения как модель был введен Г. Галилеем для упрощения решения задач: *«Движением равномерным, или единообразным, я называю такое, при котором расстояния, проходимые движущимся телом в любые равные промежутки времени, равны между собою»*. К тому, что писали до сего времени, мы прибавили слово «любые».

Примерами такого движения можно условно считать движение ленты транспортера, эскалатора, самолета, машины, поезда на некоторых участках пути, движение конца стрелки часов.

Если тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, то такое движение называют равномерным.



Задания

1. Приведите два примера равномерного движения.
2. Приведите два примера неравномерного движения. По какому признаку вы определяли вид движения?

III. Изучение видов движения в физической лаборатории

Спустим тело по наклонной плоскости (рис. 19), при этом маркером отметим положение тела через равные промежутки времени.

Для отсчета промежутков времени используем метроном. Путь, пройденный телом за каждый очередной промежуток времени, становится больше на наклонной плоскости. При движении по горизонтальному участку пути, напротив, пройденный путь при каждом ударе метронома уменьшается. Движение тела является неравномерным как по наклонной плоскости, так и по горизонтальной поверхности.

Примером равномерного движения можно считать подъем пузырька воздуха в стеклянной трубке, заполненной водой. Отметим маркером расстояние, которое пузырек проходит за интервал времени между двумя ударами метронома. Нанесем такие же отрезки по всей длине трубки. Наблюдая за всплытием пузырька, можно заметить, что на каждый удар метронома пузырек проходит очередную отметку, нанесенную на трубке (рис. 20). Следовательно, за равные промежутки времени он проходит равные расстояния.

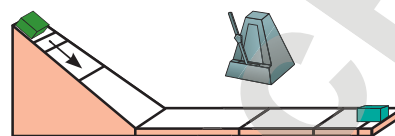


Рис. 19. Неравномерное движение

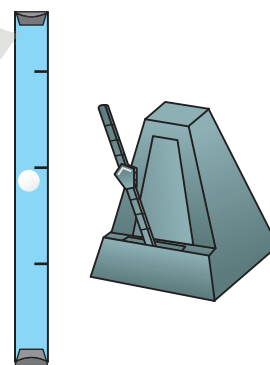


Рис. 20. Равномерное движение

Материал для дополнительного чтения

Движение планет

Движение тел на нашей планете мы можем считать прямолинейным и равномерным лишь условно. Рассмотрим движение планет Солнечной системы. Возможно, они движутся вокруг Солнца с постоянной скоростью. Датский астроном **Тихо Браге**, наблюдая движение планет, составил таблицу изменений их положения за 20 лет. **Иоганн Кеплер**, проанализировав результаты измерений, пришел к выводу, что планеты движутся по вытянутым окружностям – эллипсам. На рис. 21 изображены расположение Солнца и одной из планет Солнечной системы относительно друг друга. Точки F и F' – фокусы эллипса, в одном из них находится Солнце. PA – большая ось эллипса.

Средним расстоянием от Солнца до планеты считается большая полуось эллипса – a . Для Земли она приблизительно равна 150 000 000 км. Для измерения больших расстояний в астрономии введена единица измерения – астрономическая единица, $1 \text{ а. е.} = 150\,000\,000 \text{ км}$.



Ответьте на вопрос

Почему из определения равномерного движения нельзя исключить слово «любые» и просто говорить о равных промежутках времени?

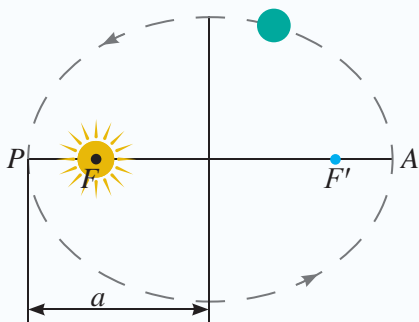


Рис. 21. Траектория движения планет – эллипс

Ближайшую к Солнцу точку орбиты планеты называют перигелием (P). Самую удаленную от Солнца точку орбиты планеты называют афелием (A).

Рассмотрим некоторые сведения о движении планет Солнечной системы, данные в таблице, и проведем по ним сравнительный анализ.

Основные характеристики движения планет	Планеты земной группы				Планеты-гиганты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Среднее расстояние от Солнца, в а.е.	0,4	0,7	1	1,5	5,2	9,5	19,2	30,1
Орбитальная скорость, $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$	47,9	35	29,8	24,1	13,1	9,6	6,8	5,4
Время одного оборота вокруг Солнца, в земных годах, сутках	0,24 года 87,6 суток	0,61 года 223 суток	1 год 365 суток	1,88	11,9	29,5	84,0	165
Период вращения вокруг своей оси, в земных днях, часах, минутах	58,7 дней	243 дня	23 часа 56 мин	24 часа 37 мин	9 часов 50 мин	10 часов 14 мин	10 часов 49 мин	15 часов 48 мин

Задания

Выполните задания, используя данные таблицы.

- Во сколько раз орбитальная скорость Земли больше, чем у планеты Нептун, меньше, чем у Меркурия?
- Определите свой возраст в меркурианских годах, в юпитерианских годах.

Сравним средние расстояния планет от Солнца и их скорости движения, используя первые две строчки таблицы. Чем дальше удалена планета от Солнца, тем скорость ее движения меньше. Мы пришли к выводу, который соответствует утверждению Кеплера о том, что при движении по эллипсу вблизи перигелия скорость планеты должна возрастать, а вблизи афелия уменьшаться.

Орбитальная скорость движения планет является средней скоростью. Движение планет Солнечной системы неравномерное. Траектория движения – кривая линия.

Продолжительность суточного вращения планет и время их оборота вокруг Солнца

Находясь на большом расстоянии от Солнца и двигаясь с меньшей скоростью, планеты-гиганты совершают полный оборот вокруг Солнца за более длительный промежуток времени. Год на планете Нептун длится почти 165 земных лет. Год на Марсе длится почти два земных года. В марсианском летоисчислении мы пошли бы в школу с трех лет и окончили ее в неполные девять лет.

Количество дней в году на каждой планете Солнечной системы различно. На Земле один год длится 365 дней, високосный год – 366 дней. На Меркурии год состоит из 1,5 меркурианских суток. На Венере год заканчивается, не дождавшись конца суток. Один юпитерианский год содержит 10 512 юпитерианских суток!

Контрольные вопросы

1. Какое движение называется неравномерным?
2. Какие примеры неравномерного движения вам известны?
3. Какое движение называется равномерным?
4. Какие примеры равномерного движения вам известны?

★ Упражнение 6

1. Скорый поезд шел 3 ч без остановки и за каждый час проходил 120 км. Можно ли утверждать, что движение поезда было равномерным?
2. На дощечках с помощью капельниц получены траектории движения двух тел (рис. 22). Какое тело двигалось равномерно, какое – неравномерно?

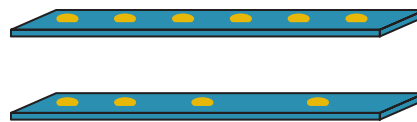


Рис. 22. Траектории движения двух тел

🏠 Упражнение 6д

Тело за каждую секунду перемещается на 1 мм. Можно ли такое движение считать равномерным?

Экспериментальное задание

Проследите за движением нескольких пешеходов. Выберите удобный для эксперимента участок, например, около уличных оград, столбы которых расположены на одинаковом расстоянии.

Определите, какая часть прохожих движется на наблюдаемом участке равномерно.

? Ответьте на вопрос

Что произойдет на Земле, если ее расстояние от Солнца изменится? Способно ли человечество своими действиями изменить это расстояние?

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определения путевой скорости, скорости перемещения и средней скорости;
- указать различие между ними;
- записать формулы и выполнить расчеты скорости, пройденного пути, перемещения, координаты;
- изобразить на рисунке тело и вектор перемещения, указать координаты тела на оси Ox и проекцию вектора перемещения.

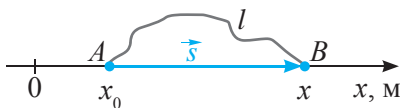


Рис. 23. Путь и перемещение тела

§ 9. Расчет скорости и средней скорости

Различают два вида скорости движения тела: путевую скорость и скорость перемещения. Рассмотрим движение машины по криволинейной траектории l из пункта A с координатой x_0 в пункт B с координатой x (рис. 23).

I. Путевая скорость

Путевую скорость показывает спидометр машины. Название прибор получил от слова «speed». В переводе с английского языка *speed* – быстрота движения, величина, не имеющая направления.

Быстрота движения связана с пройденным путем тела. Обозначается эта скорость буквой v . Для определения быстроты движения тела необходимо пройденный путь l разделить на время движения t :

$$v = \frac{l}{t}.$$

Путевая скорость – это физическая величина, определяющая быстроту движения тела вдоль траектории.

Путевая скорость – скалярная величина, так же, как и пройденный путь, она не имеет отрицательных значений и направления.

II. Скорость перемещения

Скорость перемещения – векторная величина. Она определяется отношением вектора перемещения к времени движения t и указывает быстроту перемещения тела в заданном направлении:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

В переводе с английского языка *velocity* – направленная скорость. Интересно, что в слово «велосипед» вошел корень слова *velocity*: *velox* – скорый, *pedes* – ноги.

Для определения быстроты перемещения тела вдоль выбранного нами направления, например вдоль оси Ox введем понятие «проекция скорости перемещения» и обозначим ее v_x . Значок x указывает на то, что движение тела рассматривается относительно оси Ox (рис. 23). Для определения проекции

Запомните!

$$\text{путевая скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}}$$

$$\text{скорость перемещения} = \frac{\text{перемещение}}{\text{время}}$$

перемещение = конечная координата тела – начальная координата тела

скорости перемещения на ось Ox необходимо значение проекции перемещения разделить на время движения:

$$v_x = \frac{s_x}{t},$$

где $s_x = x - x_0$, тогда

$$v_x = \frac{x - x_0}{t}.$$

Скорость перемещения – это физическая величина, определяющая быстроту перемещения тела в заданном направлении.

Скорость перемещения имеет тот же знак, что и перемещение. При движении тела по направлению оси Ox скорость и перемещение имеют положительные значения, при движении в обратном направлении эти величины отрицательные.

III. Единицы измерения скорости

Единицы измерения путевой скорости и скорости перемещения одинаковые.

Основная единица измерения скорости, принятая в Международной системе единиц: $[v] = 1 \frac{м}{с}$. Скорость можно измерять и в других единицах измерения, чаще всего используют $1 \frac{км}{ч}$.

Определим связь между указанными выше единицами измерения:

$$1 \frac{км}{ч} = \frac{1000 м}{3600 с} \approx 0,28 \frac{м}{с},$$

$$1 \frac{м}{с} = \frac{1}{1000} км : \frac{1}{3600} ч = \frac{3600 км}{1000 ч} = 3,6 \frac{км}{ч}.$$

IV. Средняя скорость неравномерного движения

При неравномерном движении скорость определяют так же, как и при равномерном, ее называют средней:

$$v_{cp} = \frac{l}{t}.$$

Если пройденный путь состоит из двух участков, то формула расчета средней скорости будет иметь вид:

$$v_{cp} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

? Ответьте на вопросы

1. Почему скорость перемещения не может быть больше путевой скорости?
2. Почему при прямолинейном движении без изменения направления движения путевая скорость и скорость перемещения имеют одинаковые значения?

! Обратите внимание!

Перемещение по замкнутой траектории равно нулю, следовательно скорость перемещения равна нулю.

! Запомните!

Связь единиц измерения скорости:

$$1 \frac{км}{ч} \approx 0,28 \frac{м}{с};$$

$$1 \frac{м}{с} = 3,6 \frac{км}{ч}.$$

средняя скорость =

$$= \frac{\text{сумма пройденных путей}}{\text{сумма промежутков времени}}$$

? Ответьте на вопрос

Почему необходимо вводить понятие средней скорости?

? Ответьте на вопросы

1. Почему по значению путевой скорости нельзя определять перемещение тела, движущегося криволинейно?
2. Верно ли утверждение: «перемещение тела не может превышать пройденный телом путь»?

! Запомните!

$$= \frac{\text{время} = \text{пройденный путь}}{\text{путевая скорость}}$$

Средняя скорость неравномерного движения – физическая величина, равная скорости такого равномерного движения, при котором тело прошло бы тот же путь и за такое же время, как и при данном неравномерном движении.

Средняя скорость – скалярная величина.

V. Расчет пройденного пути и перемещения

При известном значении путевой скорости легко определить пройденный путь. Из формулы для скорости $v = \frac{l}{t}$ следует:

$$l = v \cdot t.$$

Для определения пути, пройденного телом при равномерном движении, скорость тела умножают на время его движения.

Для определения перемещения тела нужно скорость перемещения умножить на время движения:

$$s_x = v_x \cdot t.$$

Путь, пройденный при неравномерном движении, равен произведению средней скорости на время движения:

$$l = v_{\text{cp}} \cdot t.$$

Определять по среднему значению скорости часть пройденного пути нельзя. Результат будет ошибочным.

VI. Расчет времени движения

При известных значениях пройденного пути и скорости движения можно определить время движения.

При равномерном движении:

$$t = \frac{l}{v}.$$

При неравномерном движении:

$$t = \frac{l}{v_{\text{ср}}}.$$

VII. Закон движения

Определим местонахождение тела в любой момент времени. Для определения координаты тела используется формула связи проекции перемещения тела с его начальной и конечной координатами:

$$s_x = x - x_0.$$

Из нее получим:

$$x = x_0 + s_x.$$

Подставим в это выражение формулу для расчета перемещения тела $s_x = v_x \cdot t$, получим:

$$x = x_0 + v_x \cdot t.$$

Полученное уравнение называют законом движения. Оно позволяет определить координату тела в любой момент времени.

Например, если закон движения тела выражается уравнением $x = 10 - 2t$, то через 2 с координата тела будет равна:

$$x = 10 - 2 \cdot 2 = 6 \text{ (м)}.$$

Через 5 с станет:

$$x = 10 - 2 \cdot 5 = 0,$$

а через 10 с будет иметь отрицательное значение:

$$x = 10 - 2 \cdot 10 = -10 \text{ (м)}.$$

Закон движения $x = x_0 + v_x \cdot t$ справедлив только для прямолинейного равномерного движения.

? Ответьте на вопрос

Почему при расчете координаты тела по значению средней скорости получается неверный результат?

ПРИМЕР 1

Пригородный поезд проходит расстояние 300 км между двумя станциями со скоростью $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, в обратном направлении этот же участок пути он проходит со скоростью $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Определите среднюю скорость движения поезда.

Дано:

$$l_1 = 300 \text{ км}$$

$$l_2 = 300 \text{ км}$$

$$v_1 = 100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_2 = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_{\text{ср}} = ?$$

Решение:

С учетом того, что путь состоит из двух участков, формула расчета средней скорости примет вид:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

Определим время движения поезда на первом участке:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{300 \text{ км}}{100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 3 \text{ ч.}$$

Определим время движения поезда на втором участке:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{300 \text{ км}}{50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 6 \text{ ч.}$$

Средняя скорость движения поезда равна:

$$v_{\text{ср}} = \frac{300 \text{ км} + 300 \text{ км}}{3 \text{ ч} + 6 \text{ ч}} \approx 66,7 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

$$\text{Ответ: } v_{\text{ср}} \approx 66,7 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Сравним результат со средним арифметическим величин $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

$$\frac{100 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{2} = 75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Среднее арифметическое скоростей больше средней скорости неравномерного движения.

Понятие «средняя скорость» не имеет ничего общего с понятием «среднее арифметическое чисел».

Поезд будет иметь значение средней скорости, равное $75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, только в одном единственном случае, когда время движения на двух участках пути будет одинаковым. Докажем это.

ПРИМЕР 2

Поезд двигался первые два часа пути со скоростью $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, вторую часть пути он преодолел также за два часа, но со скоростью $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Определите среднюю скорость движения тела.

Дано:

$$t_1 = 2 \text{ ч}$$

$$t_2 = 2 \text{ ч}$$

$$v_1 = 100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_2 = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_{\text{ср}} - ?$$

Решение:

Определим среднюю скорость с учетом того, что путь состоит из двух участков:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

Определим путь, пройденный поездом, за первые два часа:

$$l_1 = v_1 t_1 = 100 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 2 \text{ ч} = 200 \text{ км}.$$

Определим путь, пройденный поездом, за следующие два часа:

$$l_2 = v_2 t_2 = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 2 \text{ ч} = 100 \text{ км}.$$

Средняя скорость движения поезда равна:

$$v_{\text{ср}} = \frac{200 \text{ км} + 100 \text{ км}}{2 \text{ ч} + 2 \text{ ч}} = 75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: $v_{\text{ср}} = 75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Контрольные вопросы

1. Что такое путевая скорость? Как определяют путевую скорость?
2. Что такое скорость перемещения? Как определяют скорость перемещения?
3. В каких единицах измеряется скорость?
4. Какая скорость является скоростью неравномерного движения?
5. Как определяют пройденный путь при равномерном движении, при неравномерном движении?
6. Как определяют время движения, координату тела?

★ Упражнение 7



▲ Морские черепахи являются отличными ныряльщиками. К примеру, кожистые черепахи в погоне за медузами (любимым лакомством) могут нырять на сотни метров.

1. Выразите скорость $72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ в единицах СИ.
2. Кожистая черепаха за 10 минут проплывает 600 м. Сравните ее скорость со средней скоростью пешехода, равной 5 км/ч. Почему кожистых черепах с каждым годом становится меньше?
3. Автобус прошел расстояние 190 км от Петропавловска до Кокшетау за четыре часа, затем 75 км от Кокшетау до курорта Бурабай за один час. Определите среднюю скорость автобуса за все время движения.
4. Определите путь, пройденный туристом в течение 10 мин, средняя скорость движения которого равна 6 км/ч. Ответ запишите в СИ.
5. Известно, что средняя скорость роста кедра составляет около 10 см в год. За сколько лет дерево достигнет своей максимальной высоты 40 м? Где растет это дерево, как используется человеком?
6. Начальная координата пешехода $x_0 = 100$ м. Определите координату пешехода через 2 мин, если он перемещался по прямолинейному участку пути со скоростью $v_x = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Поясните полученный результат, изобразите местонахождение пешехода на координатной оси.

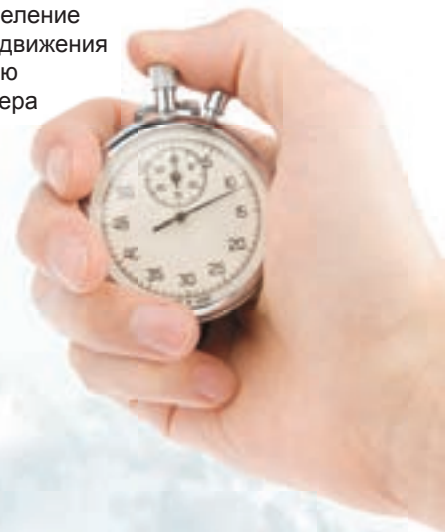
Упражнение 7д

1. Выразите скорость $18 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ в единицах СИ.
2. С какой средней скоростью летел самолет, совершивший за 1 час 40 мин перелет Астана – Алматы? Расстояние между городами примите равным 1146 км. Ответ запишите в СИ. Во сколько раз скорость самолета больше скорости поезда «Тулпар – Тальго», развивающего скорость 140 км/ч?
3. Поезд шел 3 ч 10 мин без остановки со средней скоростью 84 км/ч. Определите путь, пройденный поездом за это время.
4. Искусственный спутник Земли движется со скоростью 8 км/с. За какое время он совершит один оборот вокруг Земли, если траектория его полета имеет длину 42 400 км? С какими экологическими проблемами столкнулось человечество с увеличением числа ИСЗ?
5. Трамвай прошел первые 200 м со средней скоростью $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, следующие 600 м – со скоростью $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите среднюю скорость на всем пути.
6. Закон движения тела выражается уравнением: $x = 12 - 4t$. Определите координату тела через 1 с, 2 с, 5 с.

▼ Определение скорости движения с помощью секундомера

Экспериментальное задание

Используя секундомер, определите скорость движения машин на прямолинейном участке пути. Способ определения длины этого участка пути придумайте сами.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- составить таблицы зависимости скорости, перемещения и координаты от времени для трех тел: одного покоящегося и двух движущихся в противоположных направлениях: по направлению и против направления оси Ox ;
- по данным таблиц построить графики;
- по графикам определить значения скорости, перемещения и координаты для произвольного значения времени.

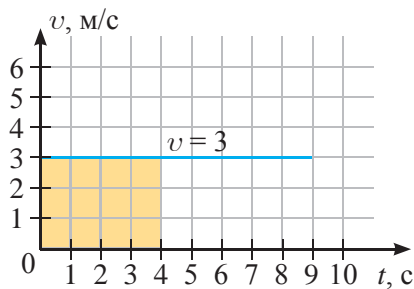


Рис. 24. График зависимости скорости от времени при равномерном движении тела

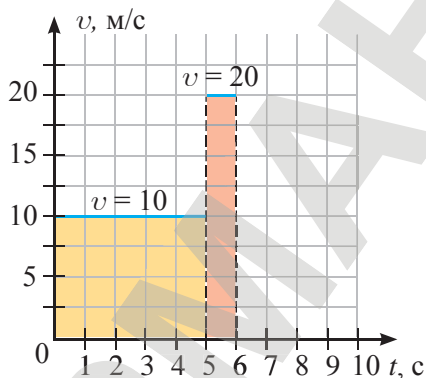


Рис. 25. График зависимости скорости неравномерного движения от времени

§ 10. Графическое представление различных видов механического движения

I. График зависимости скорости движения от времени при равномерном движении

При равномерном движении скорость имеет одно и то же значение в любой момент времени. График неизменной во времени величины представляет собой линию, параллельную оси времени.

На рис. 24 изображен график зависимости скорости от времени для тела, скорость движения которого равна $3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В любой момент времени значение скорости остается неизменным.

II. Определение пройденного пути по графику скорости

Путь, пройденный телом за 4 с, равен:

$$l = v \cdot t = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4 \text{ с} = 12 \text{ м.}$$

Рассмотрим прямоугольник, получившийся под графиком на рис. 24. Ширина прямоугольника равна скорости движения, длина – времени движения. Умножив ширину на длину прямоугольника, мы получим его площадь. Следовательно, по площади прямоугольника можно судить о пройденном пути.

III. График зависимости скорости движения от времени при неравномерном движении

Пусть тело движется на одном участке пути со скоростью $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, на другом – со скоростью $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. График такого движения изображен на рис. 25. По графику можно сделать вывод, что путь, пройденный телом, на первом участке больше, чем на втором. Площадь прямоугольника под первым графиком больше, чем под вторым.

IV. График зависимости пройденного пути от времени при равномерном движении

Зависимость пройденного пути от времени при равномерном движении имеет вид:

$$l = v \cdot t.$$

Пройденный путь зависит от времени прямо пропорционально. Графиком прямо пропорциональной зависимости является прямая линия, проходящая через начало координат.

Пусть тело движется со скоростью $v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, тогда

$$l = 2 \cdot t.$$

Для построения прямой линии достаточно знать две точки. Рассчитаем значения l для значений времени $t_1 = 0$ и $t_2 = 10$ с, результаты занесем в таблицу.

$t, \text{с}$	0	10
$l, \text{с}$	0	20

По полученным точкам на координатной плоскости lOt построим график (рис. 26).

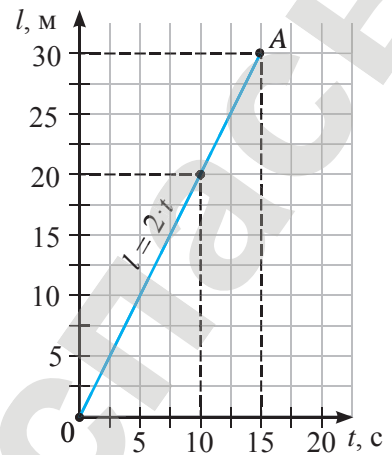


Рис. 26. График зависимости пути от времени при равномерном движении тела

V. Определение скорости движения тела по графику зависимости пройденного пути от времени

Для определения скорости движения достаточно найти координаты любой точки на графике зависимости пройденного пути от времени. Определим координаты точки A (рис. 26):

$$t = 15 \text{ с};$$

$$l = 30 \text{ м}.$$

Используя полученные данные, рассчитаем скорость движения тела:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{30 \text{ м}}{15 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

VI. Сравнение скоростей движения тел по графикам зависимости пройденного пути от времени

На рис. 27 даны графики зависимости пройденного пути от времени для двух тел. Определим координаты точек A и B, принадлежащих разным графикам, и рассчитаем по их значениям скорости движения тел:

$$v_1 = \frac{l_1}{t_1} = \frac{30 \text{ м}}{5 \text{ с}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$v_2 = \frac{l_2}{t_2} = \frac{30 \text{ м}}{15 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v_1 > v_2.$$

Чем больше угол наклона графика пройденного пути к оси времени, тем больше скорость движения тела.

? Ответьте на вопрос

Почему для определения скорости равномерного движения по графику зависимости пройденного пути от времени можно выбрать любую точку графика?

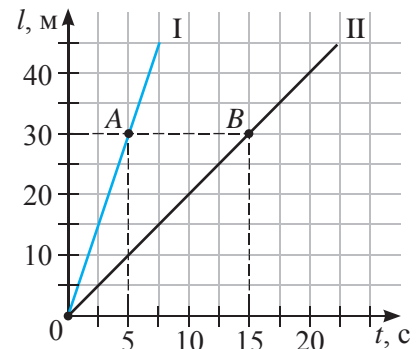


Рис. 27. Определение скорости тела по графику зависимости пути от времени

**Задание**

Постройте график зависимости координаты покоящегося в 30 м от наблюдателя тела от времени.

**Ответьте на вопросы**

1. Почему график зависимости координаты тела, находящегося в покое, имеет такой же вид, как и график скорости равномерного движения?
2. Почему на координатной плоскости местом встречи тел является точка пересечения графиков?

VII. График зависимости координаты тела от времени при равномерном движении

Пусть два тела в начальный момент времени находятся в точке с координатой 30 м. Одно тело движется по направлению оси Ox со скоростью $v_x = 2 \frac{м}{с}$, второе движется против оси Ox со скоростью $v_x = -3 \frac{м}{с}$. Уравнения, выражающие законы движения для каждого тела, будут иметь вид:

$$x_1 = 30 + 2t;$$

$$x_2 = 30 - 3t.$$

Графики уравнений движения тела изображены на рис. 28. Графиком зависимости координаты тела от времени является прямая, проходящая через точку, соответствующую начальной координате тела.

По графику зависимости координаты тела от времени движения можно определить местоположение тела в пространстве в любой момент времени. Например, через 5 с после начала движения первое тело находилось в 40 м от начала координат, второе тело – в 15 м.

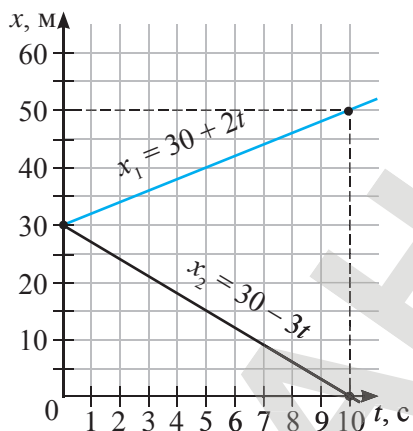


Рис. 28. Графики зависимости координаты тела от времени

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой график зависимости скорости движения тела от времени для прямолинейного равномерного движения?
2. Как определяют путь, пройденный телом при равномерном движении, по графику зависимости скорости от времени?
3. Какая зависимость существует между пройденным путем и временем?
4. Что представляет собой график пройденного пути от времени для прямолинейного равномерного движения?
5. Как изменяется угол наклона графика перемещения при увеличении скорости движения?
6. В чем преимущество графического представления движения?

★ Упражнение 8

1. По графику, данному на *рис. 25*, определите путь, пройденный телом, и среднюю скорость.
2. Тело в начальный момент времени находилось в точке с координатой 5 м. Постройте графики зависимости $v(t)$, $l(t)$, $x(t)$, если тело движется со скоростью $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ в направлении оси Ox .

🏠 Упражнение 8д

1. Постройте графики зависимости скорости и пройденного пути для тела, движущегося со скоростью $4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
2. По графику, данному на *рис. 24*, постройте график зависимости пройденного пути от времени. Как изменится угол наклона графика, если скорость движения тела возрастет в два раза?

Итоги главы III

Основные формулы

Физическая величина	Формула расчета	Физическая величина		Формула расчета
Проекция перемещения на ось Ox	$s_x = x - x_0$	Скорость	перемещения	$v_x = \frac{s_x}{t}$
Закон равномерного движения	$x = x_0 + v_x \cdot t$		путевая	$v = \frac{l}{t}$
			средняя	$v_{cp} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$

Глоссарий

Движение неравномерное – это движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит разные пути.

Движение равномерное – это движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути.

Материальная точка – это тело, размерами которого можно пренебречь в сравнении с расстоянием, на котором рассматривается его движение.

Механическое движение – это изменение положения тела в пространстве с течением времени относительно других тел.

Перемещение – это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.

Пройденный путь – это физическая величина, равная длине траектории, вдоль которой двигалось тело.

Скорость путевая – это физическая величина, определяющая быстроту движения тела вдоль траектории.

Скорость перемещения – это физическая величина, определяющая быстроту перемещения тела в заданном направлении.

Средняя скорость неравномерного движения – это физическая величина, равная скорости такого равномерного движения, при котором тело прошло бы тот же путь и за такое же время, как и при данном неравномерном движении.

Тело отсчета – это тело, относительно которого рассматривается изменение положения других тел.

Траектория – это линия, которую описывает тело при движении относительно тела отсчета.

Контрольный тест

Вариант 1А

1. Изменение положения тела в пространстве с течением времени называют:
 - А) равномерным движением.
 - В) прямолинейным движением.
 - С) механическим движением.
 - Д) относительным движением.
2. Тело, размерами которого можно пренебречь в сравнении с расстоянием, на котором рассматривается его движение.
 - А) Материальное тело.
 - В) Материальная точка.
 - С) Физическое тело.
 - Д) Физическая точка.
3. Длина траектории, вдоль которой двигалось тело.
 - А) Пройденный путь.
 - В) Перемещение.
 - С) Отрезок.
 - Д) Пройденный отрезок.
4. Если тело за любые равные промежутки времени проходит разные пути, то это движение:
 - А) равномерное.
 - В) неравномерное.
 - С) равноускоренное.
 - Д) прямолинейное.
5. Физическая величина, характеризующая быстроту равномерного движения тела, не указывающая направление движения.
 - А) Путевая скорость.
 - В) Средняя скорость.
 - С) Скорость перемещения.
 - Д) Скорость.
6. Формула расчета средней скорости для двух участков пути.
 - А) $v_{\text{cp}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$.
 - В) $v_{\text{cp}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$.
 - С) $v_{\text{cp}} = \frac{s_1}{t_1} + \frac{s_2}{t_2}$.
 - Д) $v_{\text{cp}} = \frac{1}{2} \left(\frac{s_1}{t_1} + \frac{s_2}{t_2} \right)$.
7. Единица измерения пройденного пути в СИ:
 - А) см.
 - В) м².
 - С) м.
 - Д) с.
8. Траектория движения лыжника, прыгающего с трамплина.
 - А) Прямая линия.
 - В) Кривая линия.
 - С) Ломаная линия.
 - Д) Дуга окружности.
9. Корабль подплывает к пристани. Пассажиры, стоящие на палубе корабля, находятся в покое относительно:
 - А) реки.
 - В) берега.
 - С) палубы корабля.
 - Д) пристани.
10. Равномерно движется:
 - А) самолет при взлете.
 - В) эскалатор метрополитена.
 - С) автомобиль при торможении.
 - Д) автобус после остановки.

Вариант 2А

1. Тело, относительно которого рассматривается изменение положения других тел.
 - А) Система отсчета.
 - В) Система координат.
 - С) Тело отсчета.
 - Д) Время отсчета.
2. Линия, которую описывает тело при движении относительно тела отсчета.
 - А) Пройденный путь.
 - В) Перемещение.
 - С) Расстояние.
 - Д) Траектория.
3. Направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.
 - А) Пройденный путь.
 - В) Перемещение.
 - С) Траектория.
 - Д) Длина траектории.
4. Если тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, то это движение:
 - А) равномерное.
 - В) неравномерное.
 - С) равноускоренное.
 - Д) прямолинейное.
5. Физическая величина, указывающая на направление движения тела, характеризующая быстроту перемещения.
 - А) Путевая скорость.
 - В) Средняя скорость.
 - С) Скорость перемещения.
 - Д) Скорость.
6. Закон движения тела для прямолинейного равномерного движения имеет вид:
 - А) $s_x = v_x \cdot t$.
 - В) $v_x = \frac{s_x}{t}$.
 - С) $x = x_0 + v_x \cdot t$.
 - Д) $s = v \cdot t$.
7. Единица измерения скорости в СИ:
 - А) м.
 - В) м/с.
 - С) см.
 - Д) см/с.
8. На столике в вагоне движущегося поезда лежит книга. Книга находится в покое относительно:
 - А) рельсов.
 - В) здания вокзала.
 - С) проходящих по вагону пассажиров.
 - Д) столика.
9. По криволинейной траектории движется:
 - А) кабина лифта.
 - В) выпущенный из рук камень.
 - С) конец минутной стрелки часов.
 - Д) пуля в стволе ружья.
10. Двигается неравномерно:
 - А) шарик по наклонной плоскости.
 - В) конец стрелки часов.
 - С) эскалатор метрополитена.
 - Д) лента конвейера.

ГЛАВА IV

ПЛОТНОСТЬ

Изучив главу, вы сможете:

- измерять массу тела с использованием электронных, пружинных и рычажных весов;
- использовать измерительный цилиндр (мензурку) для измерения объема жидкости или твердого тела различной формы;
- объяснять физический смысл плотности;
- экспериментально определять плотности жидкостей и твердых тел;
- применять формулу плотности при решении задач.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- на примерах доказать, что масса – это мера инерционных и гравитационных свойств тела;
- назвать и пояснить основные свойства массы;
- перевести значение массы из одних единиц измерения в другие, записать результат, используя кратные и дольные приставки и стандартный вид чисел;
- определить массу тел электронными, пружинными и рычажными весами.

§ 11. Масса и измерение массы тел**I. Что такое масса**

Все тела в природе движутся. При столкновении их скорости меняются. Наблюдения показывают, что изменение происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени. При этом для изменения скорости больших тел на одно и то же значение требуется больше времени, чем для малых тел. Это свойство тел Галилео Галилей называл инертностью.

Инертность – это свойство тел, которое проявляется в том, что изменение состояния покоя или движения при их взаимодействии происходит не мгновенно, а постепенно.

Все тела обладают свойством инертности. Поезд более инертен в сравнении с автомобилем. Свойство инертности характеризуется массой. Наиболее инертными телами являются тела с большой массой.

Масса тела – скалярная физическая величина, которая является мерой инертности тела.

Все тела, находящиеся на поверхности нашей планеты, взаимодействуют с ней. Проведем мысленный эксперимент. Поднимем гири различной массы: двухкилограммовую и пудовую, масса которой равна 16 кг. Жизненный опыт подсказывает, что сложнее оторвать от поверхности Земли гирю большей массы. Взаимодействие тел с Землей называют гравитационным взаимодействием. Название произошло от латинского слова *gravitas*, что означает «тяжесть». Земля притягивает к себе сильнее тела большей массы. Введем уточненное определение массы.

Масса – скалярная физическая величина, определяющая инерциальные и гравитационные свойства тела.

Массу обозначают буквой *m*. Основными свойствами массы тел являются *сохранение массы* и *аддитивность*. Свойство сохранения заключается в том, что масса покоящихся тел остается неизменной. Аддитивность – это равенство суммы масс частей тела массе тела. Для системы тел аддитивность – это равенство массы системы тел сумме масс составляющих этой системы.

**Задание**

Приведите три примера проявления свойства инертности тел. Докажите на основе приведенных примеров зависимость свойства инертности от массы тела. Какое тело сложнее оторвать от Земли?

**Возьмите на заметку!**

Свойства массы:
1. Сохранение;
2. Аддитивность.

II. Единицы измерения массы. Эталон массы

Основная единица измерения массы в СИ – килограмм, $[m] = 1 \text{ кг}$. Эталон килограмма хранится в музее эталонов во Франции (г. Севр, около Парижа). Он представляет собой гирию цилиндрической формы, отлитую из сплава платины и иридия и защищенную от внешнего воздействия.

Для измерения массы используются кратные и дольные единицы измерения: тонна, центнер, грамм, миллиграмм.

III. Измерение массы

Знания о гравитационных и инерционных свойствах тел легли в основу различных методов измерения массы тела.

Если при взаимодействии скорости тел меняются одинаково, то массы тел равны, так как инерционные свойства этих тел одинаковые. Если массы различные, то при известном значении массы одного тела можно рассчитать массу другого, используя соотношение масс и изменений скоростей тел после взаимодействия:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1}.$$

Гравитационные свойства тел используют при определении массы тел взвешиванием. Весы могут быть различных конструкций в зависимости от их назначения.

IV. Измерение массы на рычажных весах

Самые простые рычажные весы (рис. 29, а) представляют собой стержень (1), который может свободно поворачиваться вокруг оси, находящейся посередине стержня. К концам стержня подвешены чаши весов (2). Весы устанавливаются на штатив (3). Равновесие весов определяется по указателю (4). В состоянии равновесия расположение указателя должно быть вертикальным. Если предмет, лежащий на одной чаше весов, находится в равновесии с гирями, лежащими на другой чаше весов, то их массы равны (рис. 29, б). Для определения массы предмета необходимо найти сумму всех гирь на чаше весов, используя свойство аддитивности массы. Разновес состоит из гирь разной массы (рис. 29, в).

V. Измерение массы на пружинных весах

Определение массы методом взвешивания на пружинных весах основано на том, что тела с большей массой притягиваются к Земле сильнее, при этом пружина весов растягивается сильнее. Установлено, что растяжение пружины зависит

! Запомните!

- 1 т = 1000 кг = 10^3 кг.
- 1 ц = 100 кг = 10^2 кг.
- 1 г = 0,001 кг = 10^{-3} кг.
- 1 мг = 0,000001 кг = 10^{-6} кг.

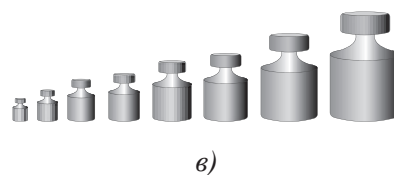
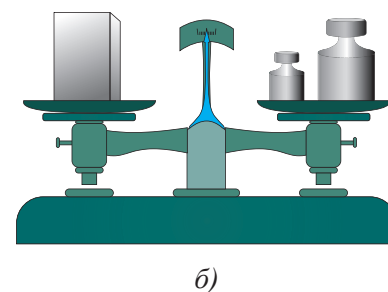
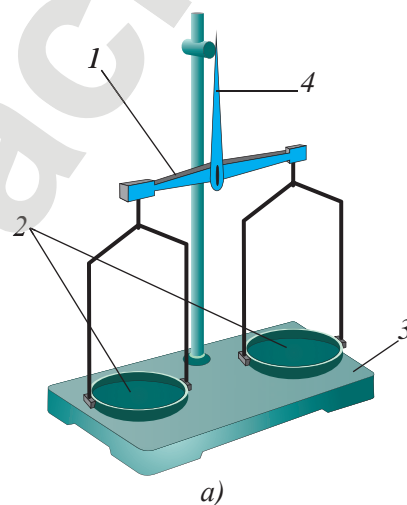


Рис. 29. Рычажные весы (а, б);
Разновес (в)

Ответьте на вопросы

1. Почему эталон массы защищен от воздействия внешней среды?
2. Почему перед взвешиванием тел необходимо привести в равновесие рычажные весы?
3. Почему на чашу весов нельзя класть мокрые предметы?

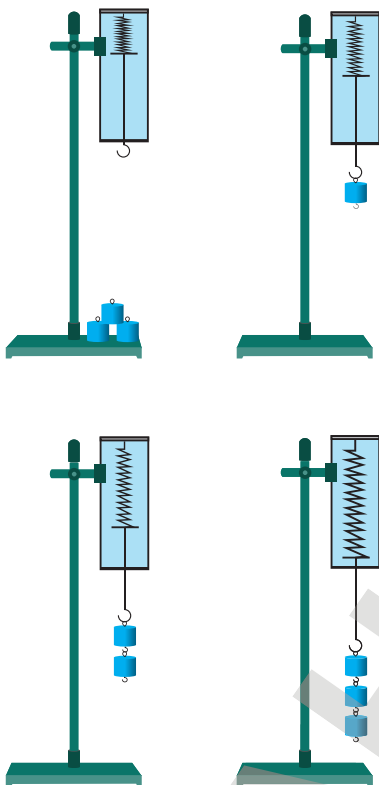


Рис. 30. Пружинные весы



Рис. 31. Безмены – пружинные весы

от массы тела прямо пропорционально (рис. 30). Массу тела определяют по шкале прибора с учетом цены деления. Пружинные весы называют безменами (рис. 31).

VI. Измерение массы с использованием электронных весов

Электронные весы в зависимости от назначения изготавливают разных размеров и конструкций. Ими можно измерить как массу многотонных грузов, так и доли граммов драгоценных камней, содержащихся в ювелирных украшениях (рис. 32). Основными элементами конструкции всех электронных весов являются следующие:

- датчики;
- индикаторы;
- клавиатура.



Рис. 32. Электронные весы

Датчики определяют действие тел на платформу электронных весов. Индикаторы отображают цифровую и символьную информацию на дисплее, например: массу, цену, стоимость товара. Клавиатура электронных весов служит для ввода стоимости товара, управления процессом взвешивания, программирования и тестирования.

При эксплуатации электронных весов необходимо помнить следующие правила:

1. Весы должны стоять ровно и устойчиво.
2. После включения весам необходимо прогреться.
3. При первом использовании весы калибруются. На платформу весов выставляется калибровочная гиря, масса которой сохраняется в памяти весов. Действие

взвешиваемых тел на платформу весы будут сравнивать с действием этой гири.

4. Можно пользоваться весами с использованием настройки завода-изготовителя.
5. Изменить настройку весов можно, используя меню.
6. После взвешивания необходимо обнулить показание весов.
7. В электронных весах возможно тарирование – это получение веса тела без учета веса тары. Для этого необходимо положить тару на платформу весов, обнулить показание весов, положить взвешиваемый груз в тару.
8. В меню есть настройки для измерения массы в различных единицах измерения, например унциях, каратах.
Электронные весы многофункциональны. Особенности эксплуатации указаны в инструкции по использованию прибора.

★ Упражнение 9

1. Выразите в килограммах массы тел: 4,5 т; 2,4 ц; 4000 г; 4000 мг.
2. Определите массу тела, уравновешенного на рычажных весах набором гирь: 20 г, 10 г, 2 г, 1 г, 500 мг. Выразите массу тела в граммах и килограммах.

🏠 Упражнение 9д

1. Выразите в килограммах массы тел: 12,5 т; 0,14 ц; 40,5 г; 350,4 мг.
2. Определите массу тела, уравновешенного на рычажных весах набором гирь: 50 г, 10 г, 5 г, 500 мг, 20 мг. Выразите массу тела в граммах и килограммах.

👁 Интересно знать!

1 карат = 0,2 г.

1 тройская унция = 31,103 г.

Контрольные вопросы

1. Что такое масса?
2. Какими основными свойствами обладает масса?
3. В каких единицах измеряют массу?
4. Какие приборы служат для измерения массы тела?
5. Назовите основные элементы конструкции всех электронных весов.
6. Какие правила эксплуатации электронных весов вам известны?
7. Какие типы электронных весов используются вами в быту?

Экспериментальное задание

Изготовьте рычажные весы и набор гирек из подручного материала. Гирьки достоинством 1 г, 2 г и т.д. изготовьте из проволоки. Массу куска проволоки определите, сравнив ее с массой воды. Масса 1 мл воды равна 1 г. Измерьте длину проволоки и подсчитайте, какая длина будет иметь массу, равную 1 г. Миллиграммовые гирьки изготовьте из плотной бумаги, предварительно определив массу большого листа. Подсчитайте, на сколько частей нужно поделить эту бумагу, чтобы получить гирю нужной массы.

Используя самодельные весы с разновесами, определите массы чайной и столовой ложек различных круп, соли, сахара. По результатам составьте таблицу, оформите ее как справочник начинающего кулинара.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- рассчитать объемы тел правильной формы, тел, представляющих собой сочетание фигур правильной формы, тел с полостью правильной формы;
- определить объемы тел любых форм и размеров с помощью мензурки;
- записать результат прямого измерения с использованием кратных и дольных приставок и в стандартном виде с учетом абсолютной погрешности;
- сравнить объемы тел, полученных прямым и косвенным измерением.

§ 12. Измерение объема тел правильной и неправильной формы

I. Измерение объема тел правильной формы

Объемы тел правильной формы рассчитывают по соответствующим формулам. В таблице даны формулы расчета нескольких правильных фигур.

Название фигуры	Вид фигуры	Объем фигуры
Параллелепипед		$V = l \cdot b \cdot h$
Куб		$V = a \cdot a \cdot a = a^3$
Цилиндр		$V = \frac{\pi D^2}{4} h$
Шар		$V = \frac{4}{3} \pi R^3$



Запомните!

объем параллелепипеда = длина × ширина × высота

объем куба = (сторона куба)³

объем цилиндра = $\frac{3,14}{4}$ (диаметр основания)² × высота цилиндра

объем шара = $\frac{4}{3} \times 3,14 \times$ (радиус шара)³

Объем полости сферы определяется так же, как и объем шара. Сложные фигуры можно представить как сочетание параллелепипедов, цилиндров и шаров и, определив объемы составляющих частей тела, сложить их.

II. Измерение объема тел неправильной формы

Объем тел неправильной формы малых размеров можно определить с помощью мензурки (рис. 33).

Объем тела равен изменению объема жидкости:

$$V_T = V_2 - V_1,$$

$$V_T = 750 \text{ мл} - 550 \text{ мл} = 200 \text{ мл}.$$

Для определения объема тела, которое не помещается в измерительный цилиндр, можно воспользоваться отливным сосудом, размеры которого превышают размеры исследуемого тела (рис. 34). Отливной сосуд заполняют до уровня трубки, из которой будет выливаться вытесненная вода в другой сосуд или непосредственно в мензурку. Тело неправильной формы полностью погружают в воду. Объем вылившейся воды определяют с помощью измерительного цилиндра. Объем вытесненной телом воды равен объему тела.

При отсутствии отливного сосуда можно воспользоваться двумя разными по размеру сосудами, при этом тело, объем которого необходимо измерить, должно вращаться в меньший сосуд. Меньший сосуд поставить внутрь большого сосуда и заполнить его водой до краев. Исследуемое тело опустить в сосуд с водой до полного его погружения. Воду, вылившуюся в большой сосуд, перелить в мензурку. Объем вылившейся воды равен объему тела. Если объем жидкости превышает пределы измерения мензурки, то результатом измерения будет сумма объемов жидкостей при многократном переливании воды из сосуда в мензурку.

III. Погрешность измерения

Измерение объема тела с использованием мензурки называют *прямым измерением*. Расчет объема тела по формуле с использованием результатов измерения размеров тел называют *косвенным измерением*.

Результат с учетом абсолютной погрешности мы можем записать для прямого измерения. В записи ответа с учетом погрешности порядок погрешности должен совпадать с порядком численного значения ответа, при этом значение величины не округляется.

Задание

Найдите в Интернете или справочнике по математике формулы расчета конуса, пирамиды, призмы. Запишите в виде таблицы в рабочую тетрадь.

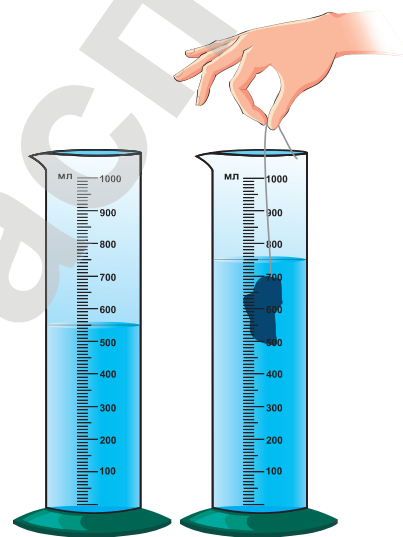


Рис. 33. Определение объема тела неправильной формы

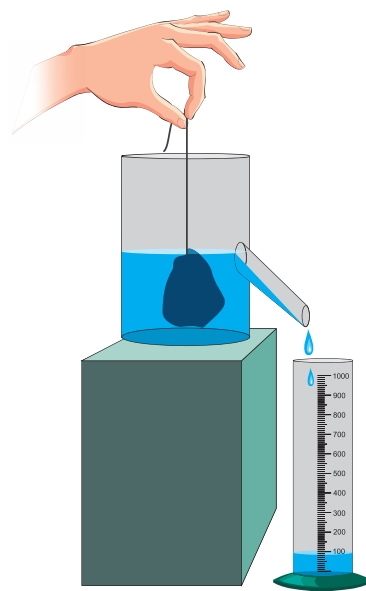


Рис. 34. Определение объема тела неправильной формы с помощью отливного сосуда

Ответьте на вопрос

Возможно ли измерение объема тела правильной формы с использованием мензурки?

**Вспомните!**

Абсолютная погрешность равна половине цены деления прибора.

Например, если абсолютная погрешность равна $\Delta V = 0,05 \text{ м}^3$, то значение объема тела $V = 0,245 \text{ м}^3$ нужно записать с точностью до сотых, при этом все последующие цифры отбрасываются независимо от их значения. Интервал, которому принадлежит истинное значение объема, запишется в виде:

$$V = 0,24 \pm 0,05 \text{ м}^3.$$

Это означает, что объем может иметь любое значение, которое принадлежит интервалу:

$$0,19 \text{ м}^3 < V < 0,29 \text{ м}^3.$$

IV. Единицы измерения объема

Основной единицей измерения объема в СИ является 1 м^3 .

Используются кратные и дольные единицы измерения: 1 дм^3 , 1 см^3 , 1 мм^3 . Широко используются внесистемные единицы измерения: 1 л , 1 мл .

**Задание**

Запишите объем тела, изображенного на *рис. 33*, с учетом абсолютной погрешности.

Контрольные вопросы

1. Как определить объем тела с помощью мензурки?
2. Какими способами можно определить объем тела с размерами, превышающими объем мензурки?
3. Как определить интервал значений измеряемой величины, содержащий истинное значение?

► Лабораторные мензурки используют для измерения объема жидкости.

**Ответьте на вопрос**

Почему при косвенном измерении абсолютную погрешность невозможно записать как величину, равную половине цены деления прибора?

**Упражнение 10**

1. Выразите в кубических метрах следующие объемы: 45 л , 450 дм^3 , 4500 см^3 , $450\,000 \text{ мм}^3$.
2. Определите объем тела, изображенного на *рис. 35, а*.

Упражнение 10д

1. Выразите объем тела, равный 435 см^3 , в м^3 , дм^3 , мм^3 , л, мл.
2. Определите объем тела, изображенного на рис. 35,б.

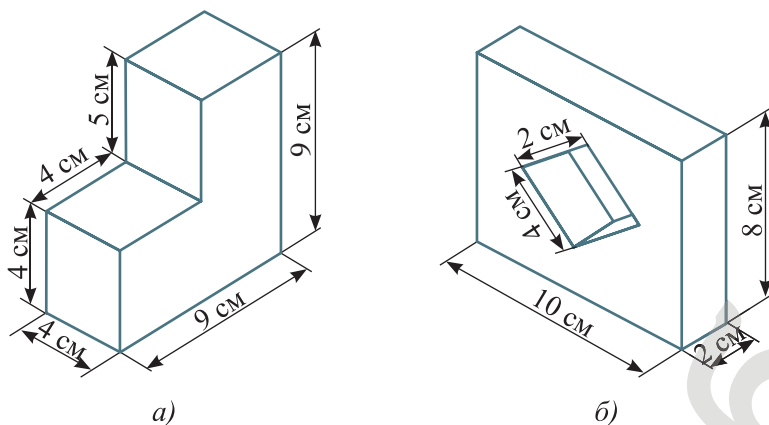


Рис. 35. Тела правильной формы (к упражнению 10)

Запомните!

$$(1 \text{ м}^3) = (10 \text{ дм})^3 = 1\,000 \text{ дм}^3.$$

$$(1 \text{ м}^3) = (100 \text{ см})^3 = 1\,000\,000 \text{ см}^3.$$

$$(1 \text{ м}^3) = (1000 \text{ мм})^3 = 1\,000\,000\,000 \text{ мм}^3.$$

$$1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3.$$

$$1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3.$$

Экспериментальное задание

Определите объем столовой ложки, вилки. Выразите полученный результат в м^3 , дм^3 , см^3 , мм^3 .

▼ Столовые приборы



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- объяснить физический смысл плотности;
- рассчитать плотность вещества, массу и объем тела по формуле связи указанных величин;
- переводить одни единицы измерения плотности в другие;
- объяснить различие понятий «плотность вещества» и «средняя плотность тела»;
- определить объем полости внутри тела.

§ 13. Плотность вещества и единицы измерения плотности

I. Плотность вещества

Проведем эксперимент с набором тел равной массы и набором тел равного объема, которые есть в школьных лабораториях. Простым взвешиванием можно доказать, что массы тел равного объема различны. Масса деревянного тела меньше алюминиевого, а масса алюминиевого меньше железного (рис. 36, а).

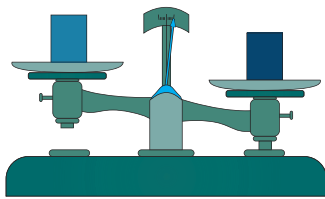
Для того чтобы изготовить тела равной массы, нужны разные объемы этих веществ (рис. 36, б). Объясняется это тем, что различные вещества имеют разную плотность.

Плотность вещества – это физическая величина, численно равная массе единицы объема этого вещества.

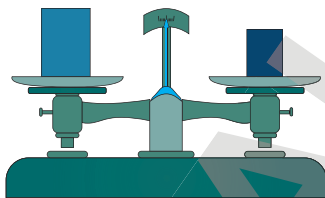
$$\rho = \frac{m}{V},$$

где ρ (ρ_0) – плотность вещества.

Плотность большинства веществ в твердом состоянии больше, чем их плотность в жидком состоянии. Исключением является вода: *плотность льда меньше плотности воды*. Плотность вещества в жидком состоянии больше, чем в газообразном состоянии. В *таблицах 2–4* Приложения 2 даны плотности некоторых веществ в различных состояниях.



а)



б)

Рис. 36. Тела равного объема разной массы (а); тела разного объема равной массы (б)

II. Плотность тела

Плотность тела, состоящего из нескольких видов веществ, определяется отношением общей массы веществ к общему значению объема. Например, для тела, состоящего из трех видов веществ, формула будет иметь вид:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3}.$$

Рассчитывая объем тела, имеющего полость (пустоту), необходимо к объему всех веществ, из которых состоит это тело, прибавить объем полости.

III. Единицы измерения плотности вещества

Единица измерения плотности является в СИ производной. Получим единицу измерения для плотности на основе формулы для расчета плотности $\rho = \frac{m}{V}$:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$[\rho] = 1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Плотность вещества можно выразить в граммах на сантиметр кубический $1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}$. Найдем связь между этими единицами измерения:

$$\begin{aligned} 1 \text{ КГ} &= 1000 \text{ Г}; \\ (1 \text{ М}^3) &= (100 \text{ СМ}^3) = 1\,000\,000 \text{ СМ}^3; \\ 1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} &= \frac{1000 \text{ Г}}{1\,000\,000 \text{ СМ}^3} = 0,001 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}. \end{aligned}$$

Связь между единицами измерения плотности:

$$1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} = 0,001 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}$$

или

$$1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

Единица измерения $1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}$ в 1000 раз больше единицы измерения $1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$. Плотность алюминия – $2,7 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}$, для того, чтобы это значение выразить в основной единице измерения плотности, нужно его умножить на 1000. Получим значение: $2700 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$.

IV. Определение массы и объема тела по плотности вещества

Масса, плотность и объем тела взаимосвязаны.

Для вычисления массы тела необходимо плотность вещества умножить на объем тела:

$$m = \rho V.$$

Для вычисления объема необходимо массу тела разделить на плотность вещества:

$$V = \frac{m}{\rho}.$$



Запомните!

$$\text{плотность} = \frac{\text{масса}}{\text{объем}}$$



Запомните!

$$1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} = 0,001 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}$$

$$1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$



Задание

Выразите плотность вещества:

7850 кг/м³ в г/см³;

2,4 г/см³ в кг/м³.



Запомните!

$$\text{масса} = \text{плотность} \times \text{объем}$$

$$\text{объем} = \frac{\text{масса}}{\text{плотность}}$$

V. Плотность веществ во Вселенной

Плотность веществ во Вселенной имеет широкий диапазон значений.

Вещество	Плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Нейтронная звезда	10^{17}
Звезда «белый карлик»	10^9
Сжатое железо в ядре Земли	$1,2 \cdot 10^4$
Воздух на поверхности Земли	1,2
Воздух на высоте 20 км от поверхности Земли	$9 \cdot 10^{-2}$
Газы межзвездного пространства	10^{-18}

Представим себе, что плотность нашей планеты при неизменной массе станет такой же, как у нейтронной звезды. Это приведет к уменьшению объема Земли. Она превратится в шар диаметром всего лишь около 425 м. Такую планету можно обойти за 16 минут при скорости $5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

ПРИМЕР

Какую массу имеет урановый шар диаметром 10 см?

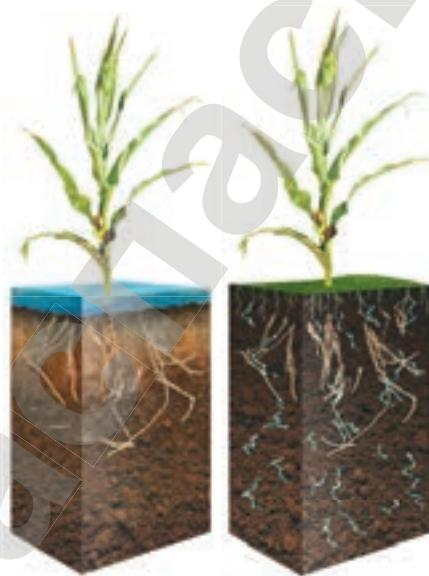
Дано:	СИ	Решение:	Вычисление:
$\rho = 19000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		Массу тела определим по объему тела:	$R = \frac{0,1 \text{ м}}{2} = 0,05 \text{ м};$
$d = 10 \text{ см}$	0,1 м	$m = \rho V.$	$V = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (0,05 \text{ м})^3 \approx 0,00052 \text{ м}^3;$
$m - ?$		Объем шара равен:	$m = 19000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,00052 \text{ м}^3 \approx 9,9 \text{ кг}.$
		$V = \frac{4}{3} \cdot \pi R^3.$	
		Радиус равен:	Ответ: $m \approx 9,9 \text{ кг}.$
		$R = \frac{d}{2}.$	

Контрольные вопросы

1. Что называют плотностью вещества? В каких единицах ее измеряют?
2. Как вычислить массу тела по его плотности и объему?
3. Как определить объем тела по его плотности и массе?

★ Упражнение 11

1. Определите плотность двух образцов почвы объемом 100 см^3 , которые имеют массу 130 г и 160 г. Объясните, почему она разная? Где это надо учитывать?
2. Определите массу бензина объемом 10 л.
3. Машина рассчитана на перевозку груза массой 3 т. Сколько листов железа можно нагрузить на нее, если длина каждого листа – 2 м, ширина – 80 см, толщина – 2 мм?
4. Определите массу воздуха, проходящего через легкие человека при спокойном дыхании за одну минуту, за один час, за одни сутки, если дыхательный объем воздуха равен 500 мл, а частота дыхания – 18 раз в минуту. Плотность воздуха равна $1,29 \text{ кг/м}^3$. Как качество воздуха влияет на здоровье человека?



Наименование по степени уплотнения	Плотность почвы, г/см^3	
	диапазон	среднее
Переуплотненная	1,65–1,70 и выше	1,69
Сильноуплотненная	1,57–1,65	1,61
Среднеуплотненная	1,45–1,57	1,51
Слабоуплотненная	1,30–1,40	1,38
Верхний предел неуплотненных почв	1,25–1,30	1,28
Неуплотненная среднесуглинистая	1,24–1,29	1,27

🏠 Упражнение 11д

1. Из какого металла изготовлена втулка подшипника, если ее масса равна 3,9 кг, а объем – 500 см^3 ?
2. Цистерна вмещает 2 т воды. Можно ли налить в эту цистерну $2,5 \text{ м}^3$ бензина?
3. Деревянный брусок имеет размеры: длина – 10 см, ширина – 7,5 см, толщина – 2 см. Из какого дерева изготовлен брусок, если на весах он был уравновешен тремя гирями: 50 г, 20 г и 5 г?
4. Когда сосуд массой 600 г целиком наполнили бензином, его масса стала равной 2,020 кг. Определите вместимость данного сосуда в литрах.

Итоги главы IV

Основные формулы

Масса вещества (тела)	Плотность вещества (тела)	Объем вещества (тела)	Плотность тела
$m = \rho V$	$\rho = \frac{m}{V}$	$V = \frac{m}{\rho}$	$\rho_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3}$
Объемы тел правильной формы			
параллелепипед	куб	цилиндр	шар
$V = l \cdot b \cdot h$	$V = a \cdot a \cdot a = a^3$	$V = \frac{\pi D^2}{4} h$	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$

Глоссарий

Инертность – это свойство тел, которое проявляется в том, что изменение состояния покоя или движения при их взаимодействии происходит не мгновенно, а постепенно.

Масса – скалярная физическая величина, определяющая инерционные и гравитационные свойства тела.

Плотность вещества – это физическая величина, численно равная массе единицы объема этого вещества.

Контрольный тест

Вариант 1А

1. Свойство тел, которое проявляется в том, что изменение состояния покоя или движения при их взаимодействии, происходит не мгновенно, а постепенно.
 - А) Инертность.
 - В) Инерция.
 - С) Равновесие.
 - Д) Постоянство скорости.
2. Равенство массы системы тел сумме масс составляющих этой системы.
 - А) Равновесие.
 - В) Аддитивность.
 - С) Постоянство массы.
 - Д) Закон сохранения массы.
3. Первое тело после взаимодействия движется со скоростью, вдвое большей, чем второе тело. Сравните массы тел.
 - А) Масса первого тела больше массы второго в два раза.
 - В) Масса первого тела меньше массы второго в два раза.
 - С) Масса первого тела больше массы второго в четыре раза.
 - Д) Масса первого тела меньше массы второго в четыре раза.
4. Тело на левой чаше весов оказалось уравновешенным, когда на правую чашу поставили гири массой 20 г, 1 г, 500 мг, 10 мг. Определите массу тела.
 - А) 26,2 г.
 - В) 21,051 г.
 - С) 21 г 510 мг.
 - Д) 26 г 200 мг.
5. Плотность бетона составляет 2300 кг/м³. Выразите ее в г/см³.
 - А) 0,0023 г/см³.
 - В) 2,3 г/см³.
 - С) 2300 г/см³.
 - Д) 2 300 000 г/см³.
6. Основные элементы конструкции электронных весов.
 - А) Датчик, индикатор, шкала.
 - В) Индикатор, клавиатура, шкала.
 - С) Клавиатура, датчик, шкала.
 - Д) Индикатор, клавиатура, датчик.
7. Определите правильное соотношение величин.
 - А) (1 м³) = 10 000 дм³.
 - В) (1 м³) = 100 000 см³.
 - С) (1 м³) = 1 000 000 000 мм³.
 - Д) (1 м³) = 1 л.

Вариант 2А

1. **Физическая величина, характеризующая инертность тела.**
 - A) Масса.
 - B) Вес тела.
 - C) Скорость.
 - D) Плотность.
2. **Основная единица измерения массы.**
 - A) 1 г.
 - B) 1 кг.
 - C) 1 мг.
 - D) 1 т.
3. **Прибор для определения массы тела.**
 - A) Динамометр.
 - B) Весы.
 - C) Термометр.
 - D) Мензурка.
4. **Плотность мрамора составляет 2,7 г/см³. Выразите ее в кг/м³.**
 - A) 27 кг/м³.
 - B) 270 кг/м³.
 - C) 2700 кг/м³.
 - D) 27 000 кг/м³.
5. **На левую чашу весов поставлены четыре тела массой 2 г, 3 г, 5 г, 10 г. Весы уравновешены одной гирей. Определите массу гири.**
 - A) 20 г.
 - B) 2 г.
 - C) 5 г.
 - D) 10 г.
6. **Формула расчета объема шара.**
 - A) $V = l \cdot b \cdot h$.
 - B) $V = \frac{\pi D^2}{4} h$.
 - C) $V = a \cdot a \cdot a = a^3$.
 - D) $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.
7. **Основная единица измерения плотности.**
 - A) 1 кг/м³.
 - B) 1 г/см³.
 - C) 1 г/мм³.
 - D) 1 кг/см³.

ГЛАВА V

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

Изучив главу, вы сможете:

- объяснять явление инерции и приводить примеры;
- приводить примеры действия сил из повседневной жизни;
- различать вес и силу тяжести;
- различать и приводить примеры пластических и упругих деформаций;
- рассчитывать силу упругости по формуле закона Гука;
- описывать трение при скольжении, качении, покое;
- приводить примеры полезного и вредного проявления силы трения;
- изображать силы графически в заданном масштабе;
- графически находить равнодействующую сил, действующих на тело и направленных вдоль одной прямой.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать условия, необходимые для наблюдения инерции;
- привести примеры инерции движения и инерции покоя;
- объяснить явление инерции; отличить понятия «инертность» и «инерция»;
- объяснить различное проявление инерции в земных и космических условиях.

§ 14. Явление инерции

Наш мир полон движения. Двигаются планеты, звезды, машины, поезда. Что приводит их в движение? Почему движение тел различно?

I. Взаимодействие тел

Древнегреческий философ **Аристотель** пришел к выводу, что тело движется только в том случае, если на него действует другое тело. Сани не сдвинутся с места до тех пор, пока их кто-то не толкнет. Двигатель приводит в движение покоящийся автомобиль. Следуя своим выводам, Аристотель не смог объяснить движение небесных тел, ведь они расположены далеко друг от друга и движутся без действия каких-либо других тел. Он был вынужден поделить мир на земные тела и небесные. Небесным телам Аристотель приписывал способность двигаться без воздействия других тел.

Совершенно другое объяснение причины возникновения движения тел дал **Галилео Галилей**. Он предположил, что «любая скорость, сообщенная телу, устойчиво сохраняется до тех пор, пока нет причин к возникновению ускорения движения или торможения». Причина – это и есть действие другого тела.

Если на тело действует другое тело, то его скорость движения изменяется, движение становится неравномерным.

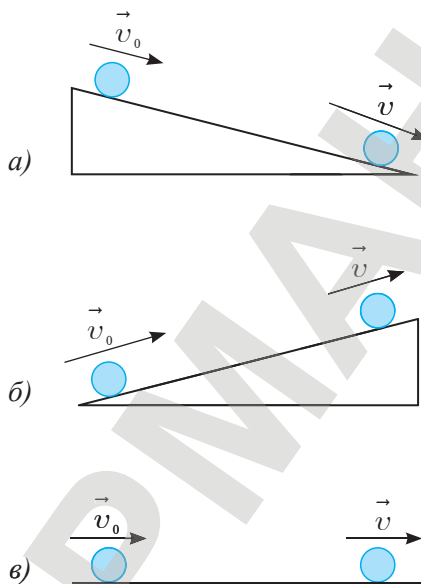


Рис. 37. опыты Галилея

По мнению Галилея, тело без воздействия других тел способно не только оставаться в покое, но и двигаться с постоянной скоростью. Во Вселенной такое состояние тела так же естественно, как и неподвижность наблюдаемых нами тел на Земле.

II. Опыт Галилея

Галилей рассматривал движение различных тел по наклонной и горизонтальной плоскостям. В случае движения тела вниз по наклонной плоскости скорость тела возрастала (рис. 37, а). При движении тела вверх по наклонной плоскости она уменьшалась (рис. 37, б). Галилей предположил, что при движении по горизонтальной плоскости скорость тела не должна изменяться (рис. 37, в). Наш жизненный опыт и наблюдения противоречат предположению Галилея: мы знаем, что скатившись с горы, тело движется по горизонтальной поверхности не бесконечно, оно

останавливается. Причина тому шероховатость поверхности и сопротивление воздуха, т.е. действие окружающих тел. В земных условиях невозможно исключить действие тел друг на друга. В космическом пространстве вдали от небесных тел и при отсутствии воздушного пространства тела движутся именно таким образом, как и предполагал Галилей: прямолинейно и равномерно.

Используя предположение Галилея, легко объяснить движение небесных тел. Получив начальную скорость в момент своего образования, они продолжают сохранять ее до сих пор. Изменение скорости движения небесных тел происходит только в момент их сближения или столкновения.

III. Инерция. Проявление инерции

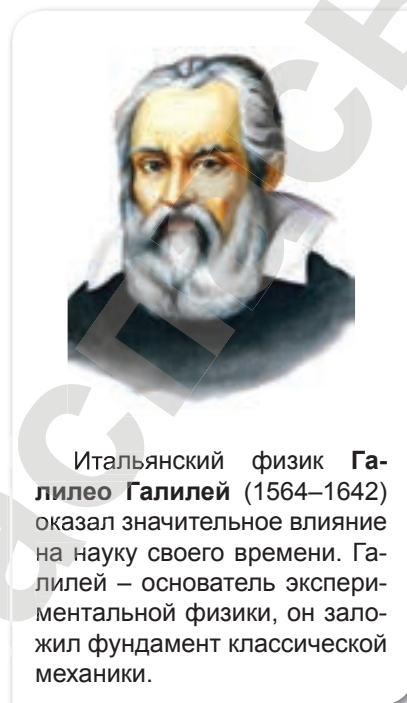
Г. Галилей ввел понятие «*инерция*». Ни один предмет сам по себе не приходит в движение. Стоящий в комнате стол никогда не начнет двигаться, если на него не подействует другое тело, например человек. Это является примером проявления *инерции покоя*.

Движущееся тело не может само по себе остановиться. Например, после отключения двигателя автомобиль продолжает движение до тех пор, пока трение шин о поверхность дороги не уменьшит скорость до нулевого значения. Это пример проявления *инерции движения*. Примером движения тел по инерции является движение мелких камней, комков грязи или снега, попавших в протектор шины колеса, а затем отделившихся от нее. Траектория их движения такая же, как у искр, летящих от диска инструмента при резке металла (рис. 38).

Инерция – это явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.

С явлением инерции мы сталкиваемся постоянно и даже используем ее. Выбиваем пыль с паласов, стряхиваем капли дождя с зонта, насаживаем молоток на рукоятку. Раскрутив колеса велосипеда, наслаждаемся движением, не прилагая никакого усилия к педалям.

При отсутствии действия на тело других тел скорость его движения сохраняется. Тело движется по инерции, равномерно и прямолинейно.



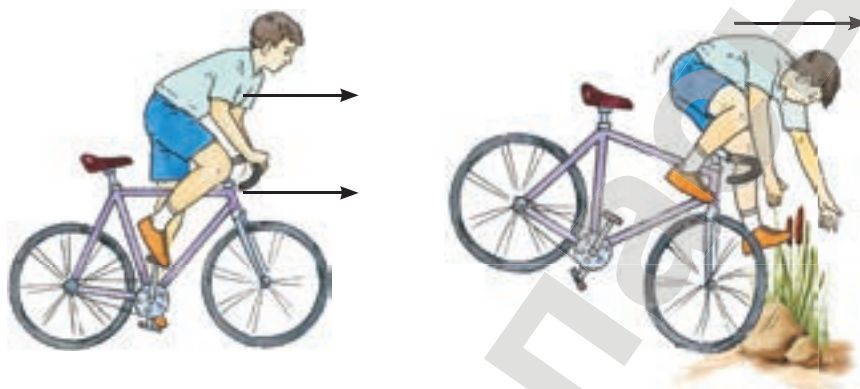
Итальянский физик **Галилео Галилей** (1564–1642) оказал значительное влияние на науку своего времени. Галилей – основатель экспериментальной физики, он заложил фундамент классической механики.



Рис. 38. Движение искр по инерции

? Ответьте на вопросы

1. Почему в земных условиях сложно наблюдать явление инерции?
2. Почему в земных условиях для того, чтобы тело двигалось с постоянной скоростью, необходимо действие на него другого тела?
3. Почему пассажир в автобусе при резком торможении падает вперед? Куда он падает при резком повороте влево? Будет ли пассажир падать, если движение автобуса будет медленным?



▲ Велосипедист продолжает движение по инерции.

С явлением инерции связана инертность тел. Массивные тела противодействуют изменению скорости сильнее, чем тела с меньшей массой.

Остановить железнодорожный состав сложнее, чем автомобиль, движущийся с той же скоростью.

Контрольные вопросы

1. Что такое инерция? Кто ввел это понятие?
2. Какие примеры проявления инерции движения вам известны?
3. Приведите примеры проявления инерции покоя.
4. Как движутся тела под воздействием другого тела?
5. Как движется тело при отсутствии действия на него других тел?

▼ Намокшая собака энергично стряхивает с шерсти воду.



★ Упражнение 12

1. Для чего делают разбег при прыжках в длину?
2. Почему медицинский термометр встряхивают, чтобы столбик ртути в нем опустился?
3. Почему животные и птицы, выбравшись из водоема, встряхиваются? Что произойдет, если водоем загрязнен нефтепродуктами?



◀ Птица стряхивает с крыльев воду.

Упражнение 12д

1. Если состав железнодорожных вагонов резко тронется с места, то возможен разрыв сцеплений. Где более вероятен разрыв: в начале или конце состава?
2. Почему капли дождя при резком встряхивании слетают с одежды?

Экспериментальные задания

1. Повторите опыт Галилея. Скатывая шарик (брусок) с наклонной плоскости, не меняя ее высоту, направляйте его на различные по покрытию горизонтальные поверхности. Сравните расстояния, пройденные шариком (бруском) в каждом случае. По результату эксперимента сделайте выводы.
2. Положите на стол газету, чтобы край ее свисал с поверхности стола, положите на газету книгу. Резким движением выдерните газету из-под книги. Повторите опыт, медленно вытаскивая газету из-под книги. Сравните результаты опыта и объясните их. Проведите аналогичный эксперимент со стопкой книг. Вытащите книгу из середины стопки.

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему «Галилей – основатель экспериментальной физики».

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- приводить примеры действия сил из повседневной жизни;
- графически изобразить силу в заданном масштабе;
- записать значение силы с использованием кратных и дольных приставок и в стандартном виде;
- использовать динамометр для измерения силы.

**Вспомните!**

1. Какие величины называют векторными?
2. Как их изображают?
3. Как обозначают?

▼ Прикладывая силу, человек тем самым меняет скорость санок.

§ 15. Сила**I. Сила – векторная величина**

О действии одного тела на другое в физике принято говорить «к телу приложена сила».

Сила – это физическая величина, характеризующая взаимодействие тел. Сила является причиной изменения скорости движения тела.

Чтобы сдвинуть с места тела разной массы и заставить их двигаться с одной и той же скоростью, к ним необходимо приложить разные силы. Результат действия силы зависит от направления. Приложим силу по направлению движения тела, скорость движения тела увеличится. Так мы поступаем, желая увеличить скорость движущихся санок. Если силу приложить в противоположном направлении, то тело остановится, а затем начнет двигаться в обратном направлении.

Сила – это векторная физическая величина, она имеет направление и числовое значение.

Силу принято обозначать буквой \vec{F} . Стрелка указывает на то, что сила – векторная величина, т.е. имеет направление. Числовое значение силы обозначают буквой F без указания стрелки. Например, запись числового значения силы 10 Н, данного в условии задачи, следует записать следующим образом: $F = 10 \text{ Н}$.

II. Единица измерения силы

Основная единица измерения силы – ньютон, она названа в честь английского физика **Исаака Ньютона**:

$$[F] = 1 \text{ Н.}$$

Сила, равная 1 Н, способна изменить скорость тела массой 1 кг на 1 м/с за промежуток времени, равный 1 с.

В практике используются единицы измерения с кратными и дольными приставками: 1 кН, 1 МН, 1 мН.

III. Изображение силы на рисунке

Изобразим на чертеже силу удара футболиста по мячу (рис. 39).

Силу изображают в виде направленного отрезка, т.е. вектора, при этом:

- 1) начало направленного отрезка должно совпадать с точкой приложения силы;
- 2) направление вектора должно совпадать с направлением силы;
- 3) длина отрезка в выбранном масштабе должна соответствовать значению силы.

Пусть среднее значение силы удара равно 200 Н. Сила направлена вправо относительно наблюдателя. Выберем удобный для изображения масштаб: в 1 см – 50 Н, тогда отрезок будет равен 4 см и направлен вправо (рис. 39).

IV. Динамометр – прибор для измерения силы

Под действием внешней силы тело меняет свою скорость. Изменение скорости зависит от массы тела. Массу мы определяли пружинными весами. Поскольку масса тела определяет силу, необходимую приложить к телу для изменения скорости на определенное значение, то можно предположить, что приборы для измерения массы позволят определить силу. Наиболее удобным прибором оказались пружинные весы. Прямо пропорциональная зависимость силы взаимодействия Земли с телом от массы тела позволила создать на весах шкалу для измерения силы. Прибор был назван *динамометр* (от греч. *dynamis* – сила, *metro* – измеряю).

✓ Возьмите на заметку!

\vec{F} – обозначение вектора силы;
 F – обозначение модуля силы.

! Запомните!

1 Н = 1000 мН.
 1 Н = 0,001 кН.
 1 Н = 0,000001 МН.
 1 МН = 1 000 000 Н = 10^6 Н.
 1 кН = 1000 Н = 10^3 Н.
 1 мН = 0,001 Н = 10^{-3} Н.

↻ Задания

1. Запишите в килоньютонах и миллиньютонатах силы, равные: 12 500 Н; 500 Н; 10 Н; 0,5 Н.
2. Запишите в ньютонатах силы: 2,5 МН; 12 кН; 340 мН.



Рис. 39. Изображение силы, действующей на мяч

↻ Задание

Выбрав масштаб, изобразите графически силу, равную 40 Н и направленную вертикально вверх.



Рис. 40. Пружинные динамометры



◀ Различные конструкции приборов для измерения силы

Динамометр – это прибор для измерения силы.

На рис. 40 изображены школьные пружинные динамометры. Пружина является основной частью динамометра.

К концу пружины крепится указатель и стержень с крючком для подвешивания груза. Динамометр снабжен шкалой, нанесенной на отсчетную панель прибора. На ней же указывают единицу измерения силы.

В зависимости от назначения изготавливают различные виды динамометров, например: силомер и тяговый динамометр. Силомером определяют мускульную силу кисти руки. Тяговый динамометр позволяет определить большие силы, например силу тяги в тросе подъемного крана.

Контрольные вопросы

1. Что такое сила?
2. Как обозначают силу?
3. В каких единицах измеряют силу?
4. Как изображают силу графически?
5. Каким прибором измеряют силу?
6. Назовите основные детали динамометра.

★ Упражнение 13

1. Приведите примеры действия сил в природе и в технике.
2. Укажите направление силы, с которой штанга действует на атлета. В какую сторону направлена сила, с которой атлет действует на штангу? Смотрите рис. 41.
3. Изобразите в масштабе $M: 1 \text{ см} - 20 \text{ Н}$ силу, направленную влево и равную 100 Н .

Упражнение 13д

1. В момент состыковки вагонов динамометр показал 1200 Н. Изобразите графически силы, действующие на вагоны.
2. Выразите силу 0,5 Н в мН, кН, МН. Результаты запишите в стандартном виде.

Экспериментальное задание

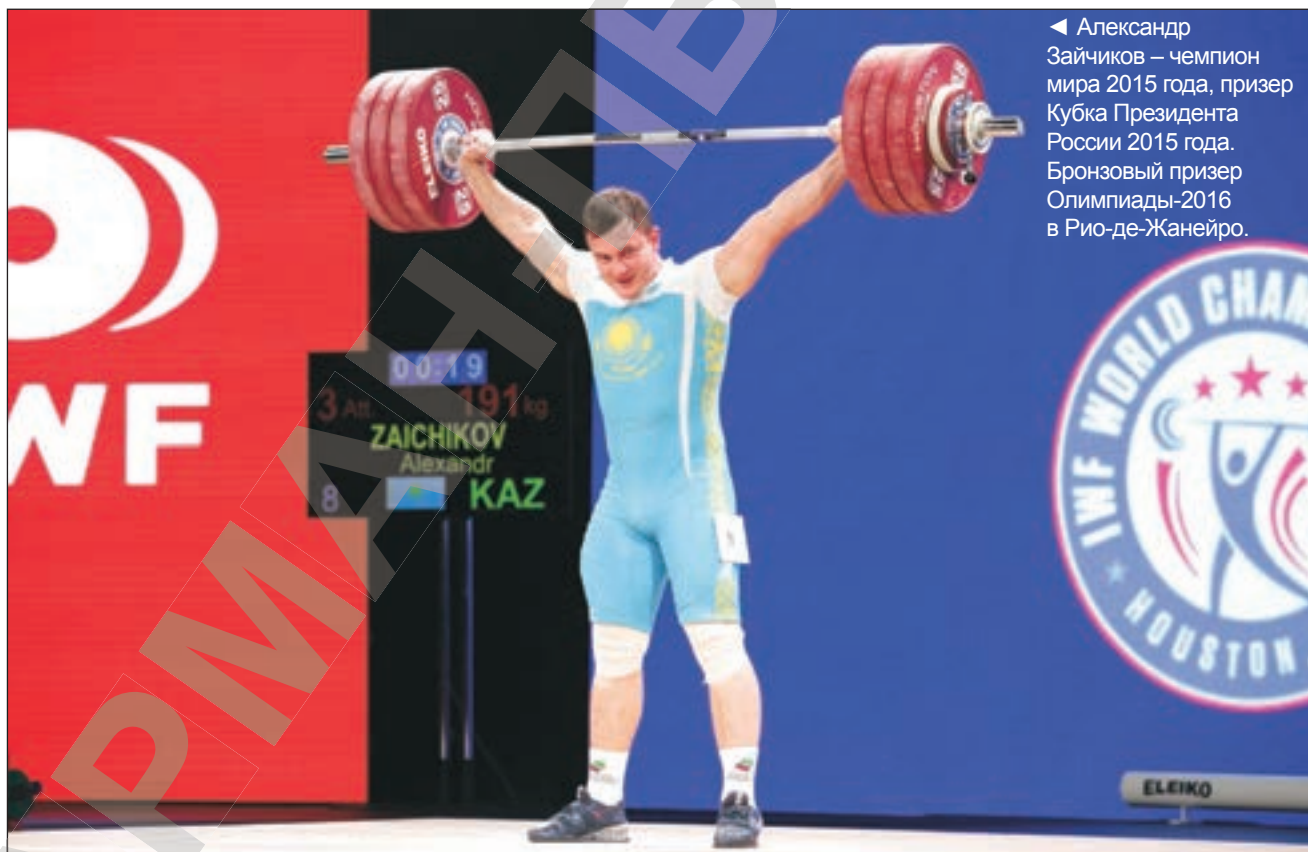
Изготовьте самодельный пружинный динамометр. Нанесите шкалу динамометра, используя грузы различной массы и динамометр, изготовленный промышленным способом.

Творческое задание

Подготовьте сообщение о биографиях Аристотеля, Г. Галилея, И. Ньютона.



Английский физик **Исаак Ньютон** (1642–1727) – создатель классической механики, президент Лондонского королевского общества. Один из основоположников современной физики, сформулировал основные законы механики.



◀ Александр Зайчиков – чемпион мира 2015 года, призер Кубка Президента России 2015 года. Бронзовый призер Олимпиады-2016 в Рио-де-Жанейро.

Рис. 41. Атлет поднимает штангу

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- рассчитать силу тяжести и вес по известной массе тела;
- указать природу силы всемирного тяготения, сходство и различие силы тяжести и веса, причину невесомости в космических, околоземных и земных условиях.

§ 16. Явление тяготения и сила тяжести. Вес

I. Сила тяжести

Когда впервые было высказано предположение, что Земля имеет форму шара, мало кто соглашался с подобным утверждением. Ведь люди на нижней стороне Земли должны были ходить вниз головой! И как они могут удержаться на ней? Тела, ни к чему не привязанные и не имеющие поддержку, должны падать вниз (рис. 42). Защитники теории шарообразной Земли говорили, что Земля подобна магниту. Она притягивает к себе все тела, заставляя их падать по направлению к центру Земли. Чем больше масса тела, тем сильнее его притягивает Земля. Аналогично с магнитом: чем сильнее взаимодействие магнита с телом, тем больше значение силы, способной разорвать их взаимодействие.

Силу, с которой Земля притягивает к себе тела, называют силой тяжести.

Формула для расчета силы тяжести получена **И. Ньютоном**.

$$F_T = g \cdot m,$$

где g – коэффициент пропорциональности.

$$g = \frac{F_T}{m}.$$

Коэффициент g показывает, с какой силой Земля действует на каждый килограмм массы тела.

II. Зависимость силы тяжести от расстояния от центра Земли

Магнит действует на тела на расстоянии, вокруг него существует магнитное поле. Земля также действует на окружающие тела на расстоянии, следовательно, вокруг нее тоже существует поле. *Поле, созданное Землей, называют полем гравитации. При удалении от Земли поле гравитации становится слабее.* На расстоянии от центра Земли, равном двум ее радиусам, сила тяготения уменьшается в четыре раза (рис. 43).

Из-за вращения вокруг своей оси форма Земли отличается от шарообразной. Она вытянута около экватора. Радиус на экваторе больше радиуса Земли на полюсе. Сила тяготения на экваторе меньше, чем на полюсе. Коэффициент пропорциональности на различных широтах Земли отличается:

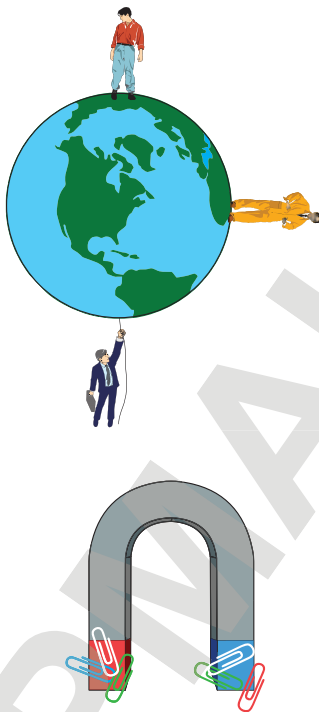


Рис. 42. Гипотеза о магнитных свойствах Земли

на экваторе $g_{\text{экр}} = 9,780 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$, на полюсе $g_{\text{пол}} = 9,832 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$. На широте 45° коэффициент пропорциональности составляет $g = 9,806 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

III. Сила всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения

И. Ньютон столкнулся со множеством вопросов, исследуя взаимодействие тел. Почему Луна не покидает Землю? Какая сила удерживает планеты вокруг Солнца? Существует ли сила притяжения на других планетах? Ньютон выяснил, что причина возникновения силы тяжести и сил взаимодействия тел Вселенной одна и та же. Он ввел понятие «сила всемирного тяготения».

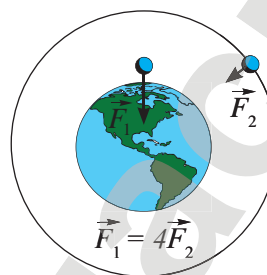


Рис. 43. Поле гравитации при удалении от Земли ослабевает

Сила всемирного тяготения – это сила взаимного притяжения тел во Вселенной.

Им были установлены закономерности во взаимодействии тел, которые стали основой закона всемирного тяготения: *чем больше массы тел, тем с большей силой они взаимодействуют друг с другом.*

Силы взаимодействия тел зависят от расстояния: чем дальше тела находятся друг от друга, тем слабее их взаимодействие. Силы взаимодействия обратно пропорциональны квадрату расстояния между телами.

И. Ньютон отказался от предположения, что планеты и Солнце представляют собой магниты. Он говорил: «Солнце очень горячо, а если магнит нагреть до высокой температуры, то его магнитные свойства исчезают». Физик сделал вывод: *вещество обладает свойством тяготения, мерой гравитации является масса.*

Самое массивное тело Солнечной системы – это Солнце, его масса составляет 99,87% массы всей системы. *От массы небесного тела зависит его сила притяжения, следовательно, самое сильное притяжение у Солнца. Солнце притягивает планеты, удерживая их на своих орбитах.*

IV. Сила тяжести на других планетах

Планеты имеют разную массу, следовательно величина, характеризующая поле тяготения планет g , имеет разные значения. В таблице даны значения коэффициента пропорциональности, а также массы планет Солнечной системы в килограммах.

Наименьшая масса у спутника Земли – Луны, соответственно значение $g = 1,6 \text{ Н/кг}$, минимальное из всех приведенных.

Возьмите на заметку!

$$g \approx 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

Ответьте на вопросы

1. Почему Луна является спутником Земли?
2. Почему мы не наблюдаем взаимное притяжение тел, окружающих нас?

Планета, небесное тело	Значение g в $\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	Масса небесного тела, в кг
Меркурий	3,7	$3,6 \cdot 10^{23}$
Венера	8,9	$4,9 \cdot 10^{24}$
Земля	9,8	$6 \cdot 10^{24}$
Марс	3,7	$6,6 \cdot 10^{23}$
Юпитер	24,9	$1,9 \cdot 10^{27}$
Сатурн	10,6	$5,7 \cdot 10^{26}$
Уран	8,7	$8,8 \cdot 10^{25}$
Нептун	11,6	$1,0 \cdot 10^{26}$
Солнце	274	$2 \cdot 10^{30}$
Луна	1,6	$7,2 \cdot 10^{22}$

Задание

Определите силу тяжести, действующую на тело массой 3 кг на Юпитере. Изобразите ее графически.

Ответьте на вопросы

1. Как объяснить существование морских приливов на Земле?
2. Где можно использовать энергию морских волн? Почему это экологически выгодно?

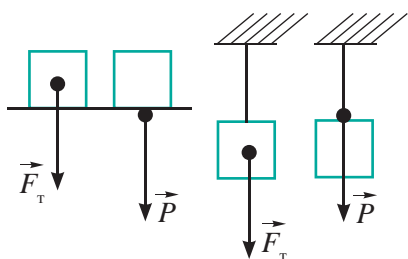


Рис. 44. Точки приложения силы тяжести и веса тела

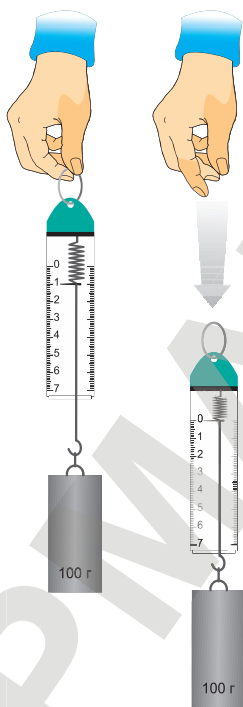


Рис. 45. Свободно падающие тела невесомы

Наибольшей массой из всех планет обладает Юпитер, значение коэффициента для этой планеты наибольшее: $g = 24,9 \text{ Н/кг}$.

V. Вес тела

Под действием силы тяжести тело падает к центру Земли. Чтобы удержать его в состоянии покоя в данной точке пространства, телу необходимо создать опору или подвес. Например, в состоянии покоя находятся книги на полке, ваза на столе, картина на стене, мебель на полу.

Тела, находящиеся на опоре, давят на нее. Силу давления называют весом. Тела на подвесе растягивают его. Силу, с которой тело действует на подвес, также называют весом.

Вес тела – сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие действия на тело силы тяжести.

Сила тяжести приложена к телу, точка приложения силы тяжести расположена в центре тела. Точкой приложения веса является точка соприкосновения тела и опоры или точка соприкосновения точки подвеса и тела (рис. 44).

VI. Определение веса тела

Опыты показали, что *если опора или подвес неподвижны, подвес вертикальный, опора горизонтальная, то вес тела равен силе тяжести.*

$$P = F_T.$$

VII. Невесомость

Тело, не имеющее ни опоры, ни подвеса, падает на Землю. В этом случае тело обладает массой, на тело действует сила тяжести, но тело не имеет веса. Такое состояние тела называют невесомостью.

Если опора или подвес падают на Землю вместе с телом под действием силы тяжести, то и в этом случае тело будет находиться в состоянии невесомости (рис. 45). Примером такого случая является движение космонавтов в искусственном спутнике Земли или тренажере – аэробусе для подготовки космонавтов к космическому полету. Они могут парить в кабинах падающих летательных аппаратов. При выходе в открытый космос космонавт сам превращается в ИСЗ. Сохраняя по инерции скорость движения ИСЗ, он продолжает находиться в состоянии невесомости, так как падает на Землю (рис. 46). Шарообразная форма Земли при определенной скорости движения спутника и космонавта не позволяет им упасть на поверхность планеты.

Герой Республики Казахстан и Российской Федерации Талгат Мусабаев совершил пять выходов в открытый космос общей продолжительностью более 30 часов. Он занесен в книгу рекордов Гиннеса: до него никто не находился в открытом космосе больше суток в течение одного полета.



▲ **Рис. 46.** Невесомость – отсутствие опоры или подвеса

Контрольные вопросы

1. Какую силу называют силой тяжести?
2. Как определяется сила тяжести?
3. Что показывает коэффициент пропорциональности g ?
4. Какую силу называют силой всемирного тяготения?
5. Как сила всемирного тяготения зависит от массы взаимодействующих тел?
6. Как сила тяготения изменяется при удалении от небесного тела?
7. Какую силу называют весом тела?
8. При каком условии тело находится в невесомости?

★ Упражнение 14

1. Определите силу тяжести, действующую на 20 л воды. Изобразите ее на чертеже.
2. Какова масса тела, если сила тяжести, действующая на тело, равна 19,6 Н? Примите значение g равным 9,8 Н/кг.
3. Во сколько раз сила тяжести, действующая на тело на Луне, меньше, чем сила тяжести, действующая на это же тело на Земле?
4. На медный шар объемом 120 см³ действует сила тяжести 8,9 Н. Сплошной это шар или имеет полость?
5. Определите вес бензина объемом 20 л.

🏠 Упражнение 14д

1. Какая сила тяжести действует на медный брусок размером $10 \times 8 \times 5$ см?
2. Какой объем воды находится в сосуде, если на нее действует сила тяжести 500 Н?
3. Сила тяжести, действующая на космонавта массой 65 кг, равна 277,5 Н. На какой планете он находится, если масса скафандра равна 10 кг?
4. Масса бензина во время поездки автомобиля уменьшилась на 20 кг. Насколько уменьшился общий вес автомобиля?

? Ответьте на вопросы

1. Почему космонавты, испытывающие действие силы тяжести Земли, находятся в невесомости?
2. Почему после возвращения на Землю им необходим период адаптации?
3. Какие изменения в организме возможны при длительном пребывании в космосе?

▼ Яблоко лежит на неподвижной горизонтальной опоре – на стопке книг.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- привести примеры и указать различие пластической и упругой деформаций;
- назвать виды деформации твердого тела в зависимости от точки приложения к нему силы (сил), привести примеры.

§ 17. Деформация**Деформация тела. Упругая и пластическая деформации**

Тела при взаимодействии изменяют свою форму. Они могут стать короче или длиннее. Одна часть тела может сместиться относительно другой. После прекращения действия внешней силы тела или восстанавливают первоначальную форму, или сохраняют вновь приобретенную.

Изменение формы или размера тела называют деформацией.

*Деформация (от лат. *deformatio* – искажение) является упругой, если после прекращения действия силы тело полностью восстанавливает свои форму и размеры.*

Тела, способные вернуть свои форму и размеры, называются упругими. Примерами таких тел являются футбольный мяч, пружина, резиновые изделия. Детская резиновая игрушка после прекращения действия внешней силы восстановила свою форму (рис. 47).

Деформация называется пластической, если тело при действии внешней силы изменяет свои форму и размеры и сохраняет вновь приобретенные. Пластическая деформация получила применение в изготовлении тел различной формы. К пластическим веществам относятся гипс, воск, парафин, пластилин (рис. 48).



Рис. 47. Упругая деформация

Материал для дополнительного чтения**Зависимость вида деформации твердого тела от направления и точки приложения внешней силы**

В зависимости от направления действия внешней силы и точки ее приложения различают следующие виды деформации: *растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб, кручение.*

Деформация растяжения – вид деформации, при котором сила прикладывается вдоль оси тела (рис. 49, а). Деформацию растяжения испытывает буксировочный трос для тракторов, автомобилей. Если нагрузка меньше предельных значений, которые трос может выдержать, то после снятия нагрузки он восстанавливает свою прежнюю форму. Деформация растяжения является одним из основных лабораторных исследований физических свойств материалов. В ходе исследования определяют силу, при которой материал:

- 1) восстанавливает первоначальное состояние (упругая деформация);



Рис. 48. Пластическая деформация



► Пример деформации растяжения

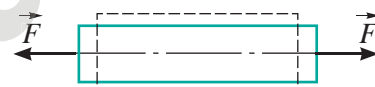
- 2) не восстанавливает первоначальное состояние (пластическая деформация);
- 3) разрушается.

Такие испытания являются главными для всех тросов и веревок, которые используются для крепления грузов в подъемных кранах, для альпинизма.

Деформация сжатия – вид деформации, аналогичный растяжению, но с одним отличием: внешние силы прикладываются вдоль оси тела, но направлены они к центру тела. Сдавливание тела с двух сторон приводит к уменьшению его длины и одновременному упрочнению, приложение больших нагрузок образует в теле материала утолщение (рис. 49, б). Деформация сжатия широко используется в металлургических процессахковки металла для повышения его прочности. Сжатие также важно при строительстве зданий, все элементы конструкции фундамента, свай и стен испытывают давящие нагрузки. Правильный расчет несущих конструкций здания позволяет сократить расход материалов без потери прочности.

Деформация сдвига – вид деформации, при котором одна плоскость тела смещается в пространстве относительно другой (рис. 49, в). Деформацию сдвига испытывают все крепежные элементы: болты, шурупы, гвозди. Простейший пример деформации сдвига – расшатанный стул, где за одну плоскость можно принять пол, а за другую плоскость – сиденье. Деформацию сдвига испытывает бумага, ткань при резке ножницами.

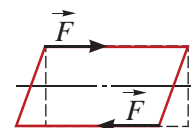
Деформация кручения – вид деформации, при котором к телу приложена пара сил, действующих в перпендикулярной плоскости оси тела. Под действием пары сил возникает вращающий момент M (рис. 49, г). Деформации кручения подвержены валы машин, сверла, гайки при закручивании.



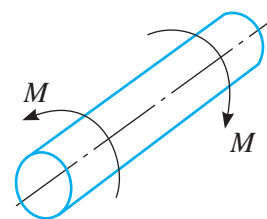
а)



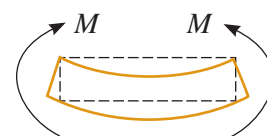
б)



в)



г)



д)

Рис. 49. Деформации: а) растяжения; б) сжатия; в) сдвига; г) кручения; д) изгиба

Эксперимент в классе

Поставьте вертикально резиновую трубку, на которую предварительно туго надето металлическое кольцо, и растяните трубку. Что при этом произойдет с кольцом?

▼ При строительстве современных зданий необходимо учитывать различные виды деформации.

Деформация изгиба – вид деформации, при котором нарушается прямолинейность главной оси тела (рис. 49, д). Деформацию изгиба испытывают все тела на одной или нескольких опорах. Значение деформации изгиба важно для проектирования упругих сооружений, таких как мост с опорами, гимнастический брус, турник, ось автомобиля и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое деформация?
2. Какую деформацию называют упругой, а какую – пластической?
3. Какие деформации испытывают твердые тела?
4. При каком условии тело испытывает деформацию растяжения, деформацию сжатия?

★ **Упражнение** 15

1. В таблицу, предложенную ниже, внесите примеры упругой и пластической деформаций.

Упругая деформация	Пластическая деформация

2. При каком условии упругие тела испытывают пластическую деформацию? Приведите примеры.

🏠 **Упражнение** 15д

Приведите примеры различных видов деформации твердых тел, занесите в таблицу.

Вид деформации	Пример
Растяжение	
Сжатие	
Сдвиг	
Кручение	
Изгиб	

Экспериментальное задание

Проведите испытание на разрыв швейных ниток разной толщины, одинаковой длины. Обсудите полученные результаты с одноклассниками.

? **Ответьте на вопросы**

1. Можно ли деформацию изгиба представить как сочетание деформаций растяжения и сжатия, деформацию кручения представить как сочетание деформаций сдвига и растяжения?
2. Какую деформацию испытывает почва под действием силы тяжести машин? Какие изменения происходят с почвой? Как это влияет на экологию?

? **Ответьте на вопрос**

Почему разорвать длинную нить легче, чем короткую?

▼ Бумага испытывает деформацию сдвига.



▼ Применение пластической деформации при лепке из глины.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- рассчитать силу упругости по закону Гука;
- называть способы изменения жесткости пружины;
- построить график зависимости силы упругости от растяжения при известном значении коэффициента жесткости;
- изобразить графически силы: упругости, натяжения, реакции опоры.

§ 18. Сила упругости, закон Гука**I. Сила упругости и причина ее возникновения**

Сила упругости – это сила, возникающая в теле в результате его деформации и стремящаяся вернуть тело в исходное состояние.

Какова причина возникновения силы упругости? На этот вопрос легко дать ответ на основе предположения древнегреческого философа **Демокрита** о строении вещества. Он предполагал, что все вещества состоят из неделимых частиц – атомов. Дальнейшее изучение строения вещества привело ученых к выводу, что вещества состоят из молекул или атомов, расположенных на определенном расстоянии между собой и взаимодействующих друг с другом.

Деформация тела приводит к изменению расстояния между молекулами вещества. При *деформации сжатия* расстояние между ними уменьшается, между молекулами возникают силы отталкивания. При *деформации растяжения* расстояние между молекулами увеличивается, между молекулами возникают силы притяжения.

Сила упругости – это сила взаимодействия всех вместе взятых молекул деформированного тела, стремящихся вернуть ему первоначальную форму.

II. Закон Гука

На *рис. 50, а* изображена недеформированная пружина длиной l_0 . Приложив силу, растянем пружину, ее длина достигнет значения l . Удлинение (сжатие) определяют как разность конечной и начальной длины тела:

$$x = l - l_0,$$

где l – длина деформированного тела; l_0 – первоначальная длина тела.

Удлинение имеет положительное значение при растяжении пружины: $x = l_1 - l_0 > 0$ (*рис. 50, б*), отрицательное значение – при сжатии пружины: $x = l_2 - l_0 < 0$ (*рис. 50, в*).

В пружине появится сила упругости, которая будет стремиться вернуть пружине первоначальное состояние. Она

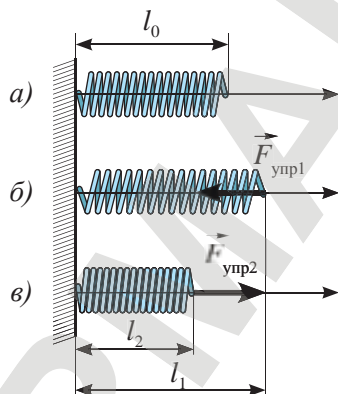


Рис. 50. Сила упругости восстанавливает форму тела

направлена против силы, вызывающей деформацию. Чем сильнее деформация пружины, тем больше сила упругости. Такую зависимость между удлинением (сжатием) деформированного тела установил Роберт Гук. Эту зависимость называют *законом Гука*.

Сила упругости прямо пропорциональна удлинению (сжатию) деформированного тела.

$$F_{\text{упр}} = k \cdot |x|,$$

$F_{\text{упр}}$ – сила упругости;

k – коэффициент жесткости;

x – удлинение (сжатие) пружины.

Единицы измерения величин:

$$[F] = 1 \text{ Н}, [k] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, [x] = 1 \text{ м}.$$

График зависимости силы упругости от удлинения пружины дан на *рис. 51*. Он представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат.

III. Зависимость коэффициента жесткости от размеров тела и вещества, из которого оно сделано

Коэффициент жесткости имеет различные значения для различных тел. *Он зависит от рода вещества, из которого сделано тело, и его размеров.* Сложно растянуть металлический стержень, а растянуть резиновый шнур не составляет труда, для этого требуется небольшое усилие. Коэффициент жесткости зависит от длины и толщины деформируемого тела. Чем короче и толще тело, тем сложнее его деформировать. Жизненный опыт подтверждает, что длинная пружина мягче, чем короткая. На эспандер для увеличения нагрузки крепится несколько пружин параллельно друг другу, тем самым увеличивается жесткость снаряда (*рис. 52*).

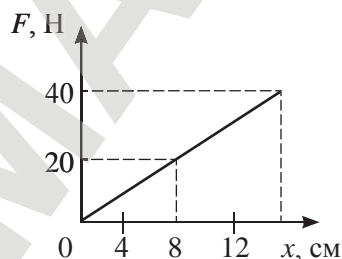


Рис. 51. График зависимости силы упругости от удлинения пружины



Роберт Гук (1635–1703) – английский физик, ученый и изобретатель. Известен трудами по теплоте, оптике, небесной механике. Открыл закон упругости твердых материалов. Усовершенствовал микроскоп, первым с его помощью описал клетки растений. Изобрел барометр, дождемер, один из видов телескопов.

! Запомните!

сила упругости =
= коэффициент жесткости ×
× удлинение пружины



Рис. 52. Параллельное соединение пружин увеличивает их жесткость

**Задание**

Определите коэффициент жесткости пружины, используя данные графика на рис. 51.

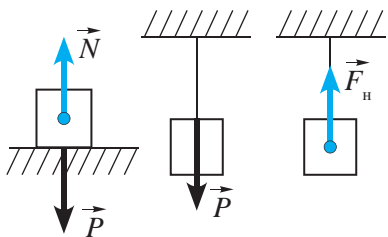


Рис. 53. Сила реакции опоры и сила натяжения нити приложены к телу

IV. Особенности применения закона Гука

Закон Гука выполняется до определенного предела. Тело под воздействием внешней силы, вызывающей деформацию, может разрушиться, разорваться. Например, металл, бумага, ткань разрушаются при резке ножницами. При изгибе легко ломаются деревянные и пластмассовые изделия. При деформации кручения разрывается алюминиевая проволока. При растяжении резина «лопается», при сжатии чугун крошится.

V. Сила реакции опоры. Сила натяжения подвеса

Деформация сжатия или растяжения происходит не только в теле, но и в опоре или подвесе. Силы взаимодействия молекул стремятся вернуть деформированной опоре или подвесу первоначальную форму. Поэтому в свою очередь опора или подвес действуют на тело.

Сила реакции опоры \vec{N} и сила натяжения подвеса \vec{F}_n направлены в сторону, противоположную весу, и приложены к телу (рис. 53).

Сила реакции опоры – это сила, с которой опора действует на тело.

Сила натяжения подвеса – это сила, с которой подвес действует на тело.

По значению они равны весу тела, так как тела взаимодействуют с равными силами, как утверждал И. Ньютон.

$$N = P$$

$$F_n = P$$

Контрольные вопросы

1. В чем заключается закон Гука?
2. Какую силу называют силой реакции опоры?
3. Какую силу называют силой натяжения подвеса?
4. Чему равен вес тела, лежащего на неподвижной горизонтальной опоре? Будет ли сила реакции опоры отличаться от веса тела по значению?

★ Упражнение 16

1. Какая сила удерживает люстру, подвешенную к потолку? Изобразите ее схематично, на рисунке укажите: а) силы, действующие на люстру; б) силы, действующие на подвес со стороны люстры.
2. Изобразите график зависимости силы упругости от растяжения пружины жесткостью 40 Н/м.
3. Под действием силы 320 Н пружина сжалась на 8 мм. На сколько мм сожмется пружина при нагрузке в 1,6 кН?
4. С какой силой растянута пружина, к которой подвесили брусок из латуни размером $10 \times 8 \times 5$ см?

? Ответьте на вопросы

1. Почему акробаты остаются невредимыми, прыгая с высоты на натянутую упругую сетку?
2. Почему добыча нефти и угля из шахт, расположенных под строительными сооружениями и жилыми домами, опасна?

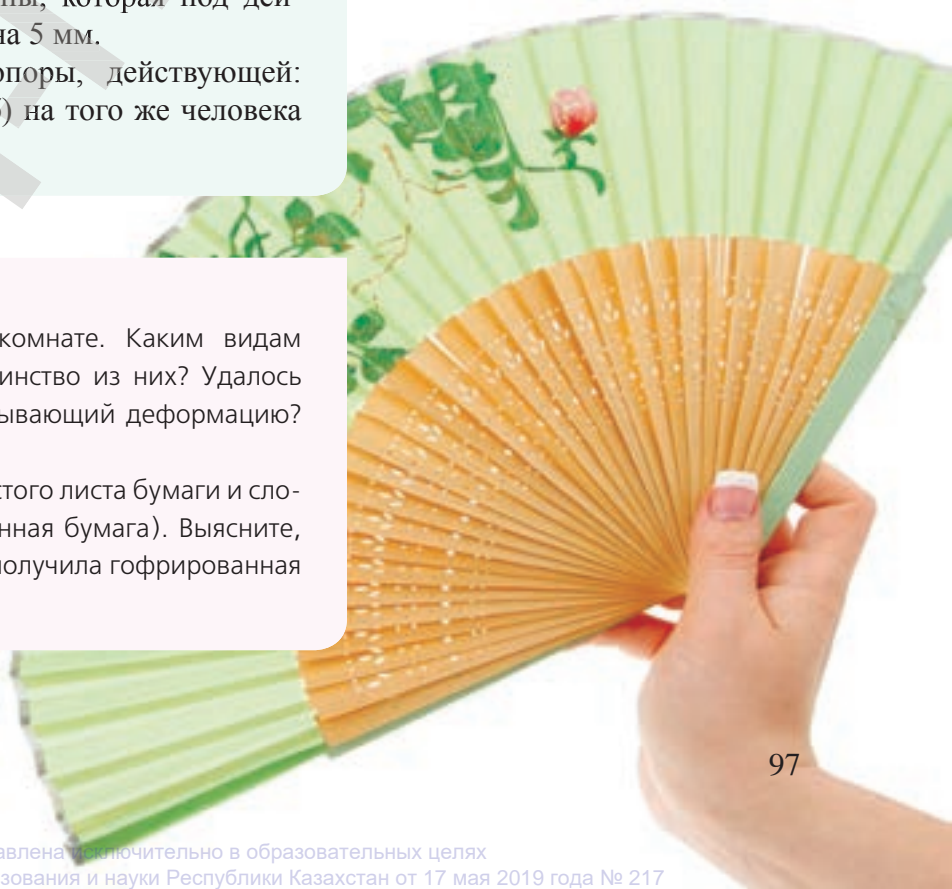
🏠 Упражнение 16д

1. Какая сила удерживает от падения тетрадь на столе? Изобразите ее схематично, на рисунке укажите: а) силы, действующие на тетрадь; б) силу, с которой тетрадь действует на стол.
2. Открывая дверь, длину дверной пружины увеличили на 12 см; сила упругости пружины составила при этом 0,004 кН. При каком удлинении пружины сила упругости станет равной 10 Н?
3. Определите жесткость пружины, которая под действием силы 2 Н растянулась на 5 мм.
4. Определите силу реакции опоры, действующей: а) на человека массой 50 кг, б) на того же человека с грузом 20 кг.

▼ Пример гофрированной бумаги

Экспериментальные задания

1. Осмотрите предметы в своей комнате. Каким видам деформации подвержено большинство из них? Удалось ли вам найти предмет, не испытывающий деформацию? Составьте отчет по наблюдению.
2. Исследуйте упругие свойства простого листа бумаги и сложенного в гармошку (гофрированная бумага). Выясните, какое практическое применение получила гофрированная бумага.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать две причины возникновения силы трения;
- указать способы изменения силы трения;
- различать силы трения: покоя, скольжения и качения;
- приводить примеры полезного и вредного проявления силы трения;
- измерять силу трения скольжения динамометром;
- строить график зависимости силы трения от значения внешней силы;
- экспериментально доказать зависимость силы трения от силы реакции опоры;
- записать формулу расчета силы трения скольжения, вычислить ее.

§ 19. Сила трения. Учет трения в технике

Больше всего загадок таит в себе сила трения. Благодаря силе трения многие окружающие нас тела находятся в покое. В состоянии покоя находится мебель в комнате, книжки и тетради на столе, ручка не выскользывает из наших рук.

Выясним, как проявляет себя эта сила в природе и технике и как ее можно рассчитать.

I. Причины возникновения силы трения

Одной из причин возникновения силы трения является шероховатость соприкасающихся поверхностей. Неровности, цепляясь друг за друга, препятствуют движению одного тела по поверхности другого (рис. 54).

Для уменьшения силы трения поверхности шлифуют, выравнивают. Но тогда молекулы соприкасающихся поверхностей приближаются на расстояние взаимодействия молекул друг с другом (рис. 55).

Например, стекла, сложенные в стопку, «слипаются».

Вторая причина возникновения силы трения – это взаимодействие молекул соприкасающихся поверхностей.

II. Способы уменьшения силы трения

Для уменьшения силы трения используют смазку. Жидкость, заполняя неровности, отдаляет поверхности твердых тел, уменьшая тем самым силу трения. Смазка предотвращает разрушение трущихся поверхностей деталей.

В движении транспорта для уменьшения трения используют «воздушную» (рис. 56) или «магнитную подушку» (рис. 57).



Рис. 54. Шероховатость поверхностей – причина возникновения силы трения

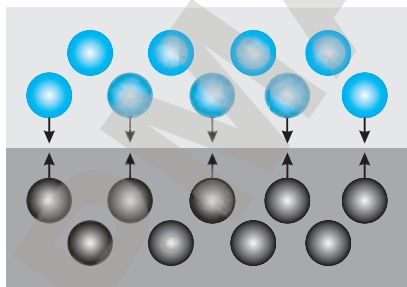


Рис. 55. Взаимодействие молекул увеличивает силу трения

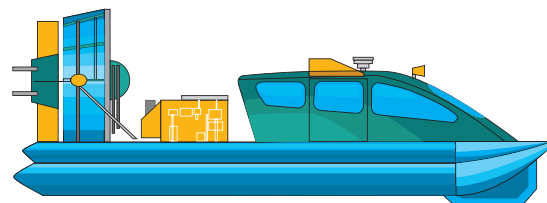
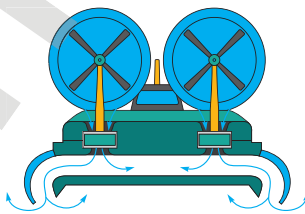


Рис. 56. Катер на «воздушной подушке»

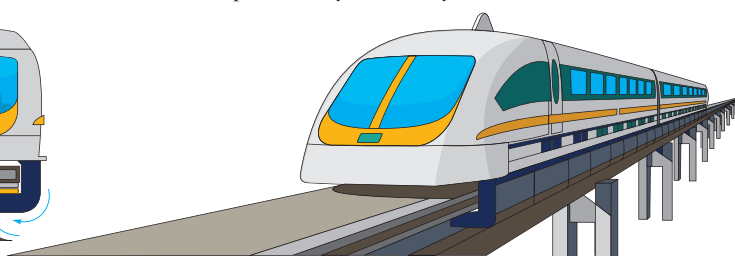
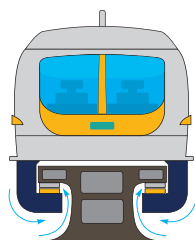


Рис. 57. Поезд на «магнитной подушке»

Транспорт «отрывается» от поверхности земли, рельсов и при движении достигает более высокой скорости. Катер на «воздушной подушке» может двигаться и по берегу реки.

III. Сила трения покоя

К бруску, находящемуся в покое, приложим силу, измеряя ее динамометром. До некоторого момента времени брусок будет оставаться в покое, несмотря на то, что динамометр будет показывать наличие действующей на него силы (рис. 58).

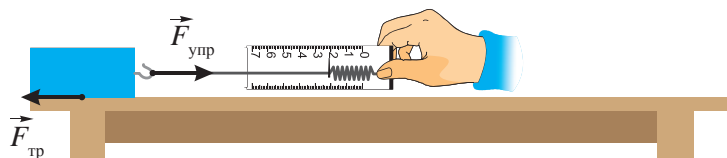


Рис. 58. Измерение силы трения покоя

Это значит, что на брусок, кроме приложенной силы, действует другая сила, направленная в противоположную сторону. Такую силу называют *силой трения покоя*. Сила трения покоя направлена в сторону, противоположную силе, стремящейся привести тело в движение, и равна ей по числовому значению.

Сила трения покоя – это сила взаимодействия неподвижных относительно друг друга тел, направленная вдоль поверхности их соприкосновения.

IV. Сила трения скольжения

В момент, когда сила трения покоя не в состоянии удержать тело, оно начинает скользить (рис. 59). С этого момента силу трения называют силой трения скольжения. Максимальное значение силы трения покоя равно значению силы трения скольжения.

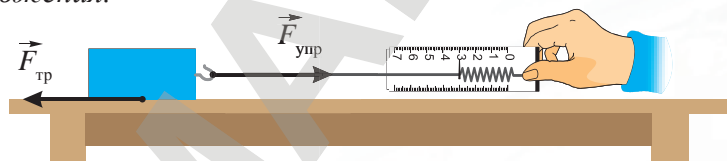


Рис. 59. Измерение силы трения скольжения

Такое трение возникает, например, при скольжении санок, лыж по снегу.

? Ответьте на вопрос

К какому виду силы трения относятся трение лыж и санок о снег, изображенных на рисунках?



▲ Примеры силы трения

Сила трения скольжения – это сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к телу и направленная против направления движения тела.

V. Зависимость силы трения от свойств соприкасающихся поверхностей

Опыты показывают, что *сила трения скольжения зависит от веществ, из которых состоят трущиеся поверхности, и от степени их обработки.* О значении силы трения взаимодействующих поверхностей можно судить по коэффициенту трения. Коэффициент трения обозначается буквой μ (мю), он не имеет единиц измерения. В таблице приведены значения коэффициента трения скольжения для некоторых веществ.

Материалы	Коэффициент трения скольжения
Дерево по дереву	0,25
Резина по бетону	0,75
Кожа по чугуну	0,56
Сталь по стали	0,20
Сталь по льду	0,02

Подбором материалов добиваются изменения трения скольжения трущихся поверхностей. Например, коньки, полозья санок делают из стали для уменьшения трения скольжения. Для повышения трения покоя дороги покрывают асфальтом, шины машин делают из резины. Зимние шины имеют шипы. Колеса машин движутся благодаря хорошей сцепке с поверхностью дороги. Если колесо проскальзывает, то машина буксует и не может сдвинуться с места.

VI. Зависимость силы трения скольжения от силы реакции опоры

При сближении поверхностей взаимодействующих тел, шероховатости цепляются сильнее, сила трения возрастает. Проведем опыт: положим на брусок груз и, приложив силу к бруску, добьемся его скольжения (рис. 60).

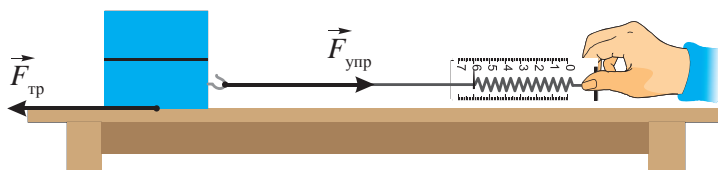


Рис. 60. Сила трения возрастает при увеличении силы давления

◀ Для уменьшения трения скольжения коньки делают из стали.



Сила, при которой брусок начнет скользить, возрастет. С увеличением веса бруска сила трения возрастает. Измерения показывают, что зависимость между весом бруска и силой трения прямо пропорциональная. Такой же результат мы получим, если, сняв груз с бруска, просто прижмем брусок к поверхности. Таким образом, мы увеличиваем силу давления на опору, при этом вес тела не увеличивается. Действие приложенной силы увеличивает деформацию опоры, следовательно увеличивается сила реакции опоры. Поэтому силу трения принято определять по значению силы реакции опоры:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N,$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения;
 μ – коэффициент трения;
 N – сила реакции опоры.



Запомните!

сила трения = коэффициент трения × сила реакции опоры

VII. Силы трения качения

Если тело не скользит, а катится по поверхности другого тела, то трение, возникающее при этом, называется *трением качения*. Катятся бревна, бочки, колеса. Достаточно провести мысленный эксперимент: протащим бревно по земле, затем прокатим. Во втором случае мы затратим меньше усилий, следовательно сила трения качения меньше силы трения скольжения. Такое преимущество силы трения качения используется в шариковых и роликовых подшипниках (рис. 61).



Рис. 61. Роликовые и шариковые подшипники



◀ Пример силы трения качения

**Задания**

1. Выберите в тексте параграфа примеры учета силы трения в технике.
2. Приведите по два известных вам примера увеличения и уменьшения силы трения в технике.

Одна поверхность подшипника катится на шариках или роликах по другой поверхности подшипника. Подшипниками соединяют две поверхности тела, которые должны вращаться относительно друг друга. Например, в машине вал с колесами должен вращаться относительно корпуса машины. Внутреннюю поверхность подшипника нужно соединить с валом, а внешнюю – с корпусом машины.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения силы трения?
2. Какими способами можно уменьшить силу трения?
3. Какую силу называют силой трения покоя?
4. Какую силу называют силой трения скольжения?
5. От чего зависит сила трения скольжения?

**Упражнение 17**

1. Деревянный брусок массой 2 кг тянут равномерно по деревянной доске. Определите силу трения, действующую на брусок.
2. Упряжка лошадей при движении саней по снегу может действовать с максимальной силой 0,5 кН. Какую массу саней с грузом может перемещать упряжка, если коэффициент трения равен 0,1? Сани движутся прямолинейно и равномерно.

▼ Упряжка лошадей преодолевает силу трения.



Упражнение 17д

1. Вычислите силу, с которой нужно толкать деревянный брус по деревянному полу. Брус должен двигаться прямолинейно и равномерно. Вес бруска – 200 Н.
2. Лошадь развивает силу тяги 800 Н. Какой максимальный груз она может везти по горизонтальной дороге на санях, масса которых составляет 100 кг, если коэффициент трения полозьев о снег равен 0,02?

Ответьте на вопросы

1. Почему живую рыбу трудно удержать в руках?
2. Почему сила трения покоя может иметь различные значения для одного и того же тела?
3. Почему в дождливую погоду колеса автомобиля лучше немного спустить?
4. Почему в гололед посыпание дорог солевой смесью экологически вредно?

Экспериментальное задание

Используя самодельный динамометр, определите коэффициент трения скольжения различных поверхностей. По результатам исследования составьте таблицу.

Творческое задание

Используя таблицу значений коэффициента трения, составьте задачу с техническим содержанием.

▼ Прокатить бревно намного легче, чем протащить его, так как сила трения качения меньше силы трения скольжения.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- рассчитать по формуле равнодействующую сил, направленных вдоль одной прямой в одном направлении и в противоположных направлениях;
- изобразить графически силы в заданном масштабе;
- графически определить равнодействующую сил, направленных вдоль одной прямой.

§ 20. Сложение сил, действующих на тело вдоль одной прямой

Чему равна сумма сил, действующих на тело вдоль одной прямой в одну сторону и в противоположные стороны? Ответим на эти вопросы, воспользовавшись динамометром. Проведем измерения каждой приложенной силы по отдельности, а затем определим действие всех сил одновременно. Предварительно выясним, какие виды сил можно измерять динамометром.

I. Принцип действия динамометра

Подвесим к пружине груз. Под действием силы тяжести груз начнет падать вниз, растягивая пружину. При деформации пружины в ней появится сила упругости, которая будет возрастать по мере растяжения пружины. В момент равенства силы упругости и силы тяжести тело остановится.

Если масса груза $m \approx 102$ г, то сила тяжести, действующая на груз, равна:

$$F_T = m g = 0,102 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \approx 1 \text{ Н.}$$

Так как сила упругости равна силе тяжести, то $F_{\text{упр}} \approx 1$ Н.

При увеличении массы в два раза растяжение пружины увеличится в два раза, следовательно:

$$F_T = F_{\text{упр}} \approx 2 \text{ Н.}$$

При изготовлении динамометра, располагая набором грузов по 102 г, несложно нанести шкалу прибора. Чтобы нанести деления с дольными значениями силы, расстояния между поставленными значениями делят на равные части. Для изготовления динамометра с ценой деления 0,5 Н расстояние делится на две части (рис. 62). Если необходим прибор с ценой деления 0,1 Н, расстояние между нанесенными делениями делят на 10 частей.

Используя динамометр, измеряют значение любой по происхождению силы, так как растянуть пружину можно приложив даже мускульную силу руки.

Принцип действия пружинного динамометра основан на сравнении силы, действующей на пружину, с силой упругости пружины.

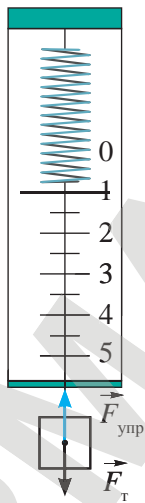


Рис. 62. Нанесение шкалы динамометра

II. Равнодействующая сила

Опыт показывает, что достичь одного и того же растяжения пружины можно, подвесив к ней два груза по 100 г или один груз массой 200 г (рис. 63). Следовательно, действие двух сил

можно заменить действием одной, которую принято называть *равнодействующей* силой:

$$F_p = F_1 + F_2,$$

где F_1 – сила тяжести, действующая на первое тело;

F_2 – сила тяжести, действующая на второе тело;

F_p – равнодействующая сила.

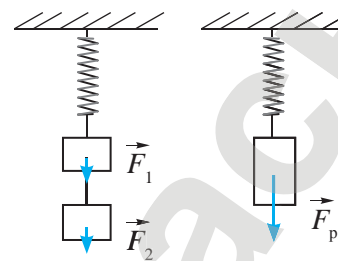


Рис. 63. Равнодействующая сила

Равнодействующая сила – это сила, которая производит на тело такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил.

III. Равнодействующая сил, направленных в одну сторону

Если силы, действующие на тело, направлены в одну сторону, то равнодействующая этих сил направлена в ту же сторону и равна сумме значений этих сил.

Количество слагаемых в формуле для расчета равнодействующей силы определяется числом сил, приложенных к телу (рис. 64).

$$F_p = F_1 + F_2 + F_3 + F_4.$$

IV. Равнодействующая сил, направленных в противоположные стороны

Если силы направлены в противоположные стороны, то равнодействующая сила равна разности значений этих сил и направлена в сторону большей силы:

если $F_1 > F_2$ (рис. 65, а),

$$F_p = F_1 - F_2,$$

если $F_1 < F_2$ (рис. 65, б),

$$F_p = F_2 - F_1.$$

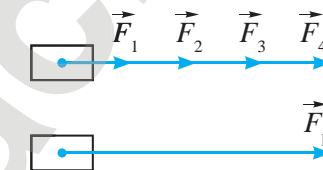


Рис. 64. Равнодействующая сил, направленных в одну сторону, равна сумме всех сил

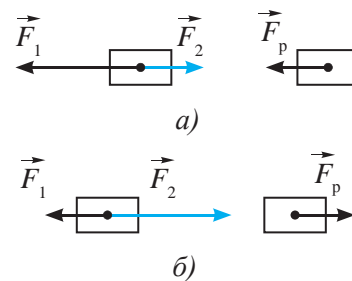


Рис. 65. Равнодействующая сил, направленных в противоположные стороны, равна их разности

▼ Перетягивание каната



Ответьте на вопросы

1. Почему в спортивной игре «Перетягивание каната» всегда есть победители? (И. Ньютон утверждал, что силы взаимодействия тел равны.)
2. Почему в басне И. Крылова усилия рака, щуки и лебедя не привели к желаемому результату? («А воз и ныне там».)

Если силы противоположны по направлению, но имеют одинаковые значения, т.е. силы уравновешивают друг друга, то $F_p = 0$, тогда тело может оставаться в покое или двигаться прямолинейно и равномерно.

V. Сила натяжения нитей подвеса

Используя правила определения равнодействующей силы, можно рассчитать силу натяжения в случае, когда тело подвешено на двух или нескольких нитях. Вес тела распределяется на все нити, поэтому их деформация станет меньше. Сила натяжения двух нитей будет равна половине веса тела (рис. 66).

$$F_{н2} = \frac{F_{н1}}{2},$$

следовательно:

$$F_{н2} = \frac{P}{2}.$$

Для n нитей сила натяжения каждой уменьшится в n раз.

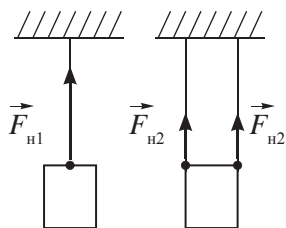


Рис. 66. Распределение веса тела по нитям подвеса

Контрольные вопросы

1. Какие силы можно измерить динамометром?
2. Из чего состоит пружинный динамометр?
3. Какую силу называют равнодействующей силой?
4. Как определяют равнодействующую сил, направленных в одну сторону?
5. Как определяют равнодействующую сил, направленных в противоположные стороны?

★ Упражнение 18

1. Мальчик весом 400 Н держит в поднятой руке гирию весом 100 Н. С какой силой он давит на землю?
2. Судно буксируют три баржи, соединенные последовательно одна за другой. Сила сопротивления воды для первой баржи – 9000 Н, для второй – 7000 Н, для третьей – 6000 Н. Сопротивление воды для самого судна – 11 кН. Определите силу тяги, развиваемую при буксировке этих барж, при условии, что баржи движутся равномерно.
3. Клеть, на которую действует сила тяжести, равная 2,5 кН, поднимается из шахты на тросе. В начале подъема сила натяжения троса равна 3 кН. Определите равнодействующую сил, изобразите ее в выбранном вами масштабе.

Упражнение 18д

1. Металлическая конструкция башни Байтерек, масса которой превышает 1000 т, возведена на бетонном основании. Наверху, как в гнезде, лежит огромный стеклянный шар – «солнце». Его диаметр – 22 м, а масса – 300 т. Определите силу давления башни на бетонную плиту. Запишите ответ в единицах СИ в стандартном виде.
2. На движущийся автомобиль в горизонтальном направлении действует сила тяги двигателя – 1,25 кН, сила трения – 600 Н и сила сопротивления воздуха – 450 Н. Чему равна равнодействующая этих сил?
3. Изобразите на одном рисунке все силы, действующие на автомобиль, на другом рисунке – равнодействующую этих сил в удобном для вас масштабе.

Экспериментальное задание

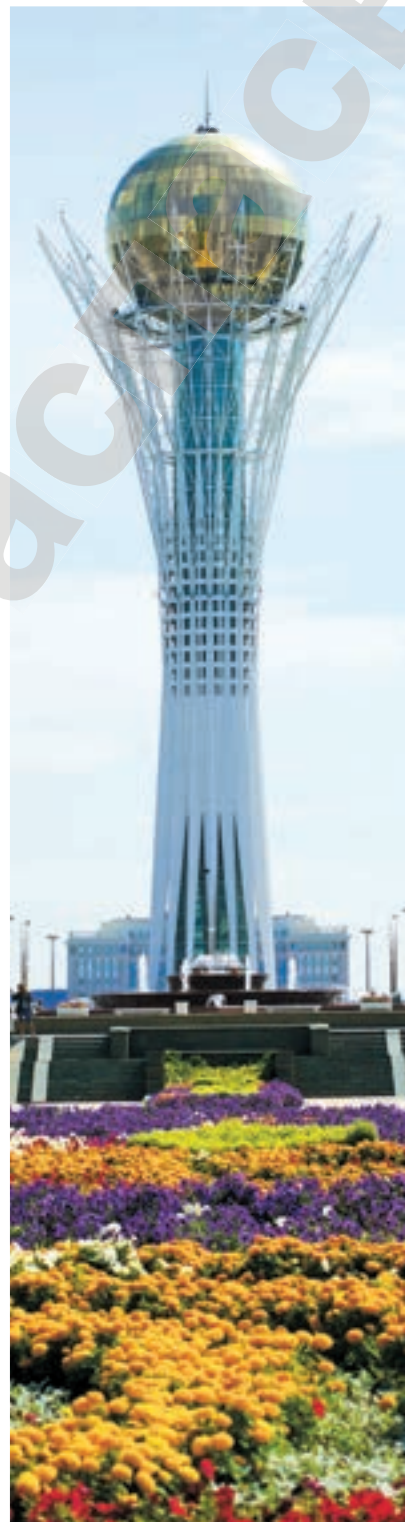
Изготовьте динамометр из резинового жгута, проградуируйте его (нанесите шкалу на отсчетную панель). Определите вес нескольких тел. Можно ли динамометр использовать для определения массы тел? К изготовленному динамометру напишите паспорт с указанием технических характеристик, правил эксплуатации, мер по устранению возможных неполадок.

Творческое задание

Составьте задачу-сказку к иллюстрации (рис. 67).



Рис. 67. К творческому заданию



▲ Байтерек (г. Астана)

Итоги главы V

Основные формулы

Сила	Формула расчета	Сила	Формула расчета
Сила тяжести	$F_T = g \cdot m$	Сила трения	$F_{тр} = \mu \cdot N$
Сила упругости	$F_{упр} = k \cdot x $	Равнодействующая сила	$F_p = F_1 + F_2$
Вес тела	$P = g \cdot m$		$F_p = F_1 - F_2$

Закон Гука: Сила упругости прямо пропорциональна удлинению (сжатию) деформированного тела.

Глоссарий

Вес тела – это сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие действия на тело силы тяжести.

Динамометр – это прибор для измерения силы.

Инертность – это свойство тела сохранять состояние равномерного и прямолинейного движения или покоя, когда действующие на него силы отсутствуют или взаимно друг друга уравновешивают.

Инерция – это явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.

Равнодействующая сила – это сила, которая производит на тело такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил.

Сила всемирного тяготения – это сила взаимного притяжения тел во Вселенной.

Сила натяжения подвеса – сила, с которой подвес действует на тело.

Сила реакции опоры – это сила, с которой опора действует на тело.

Сила трения покоя – это сила взаимодействия неподвижных относительно друг друга тел, направленная вдоль поверхности их соприкосновения.

Сила трения скольжения – это сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к телу и направленная против направления движения тела.

Сила тяжести – это сила, с которой Земля притягивает к себе тела.

Сила упругости – это сила взаимодействия всех вместе взятых молекул деформированного тела, стремящихся вернуть ему первоначальную форму.

Контрольный тест**Вариант 1А**

1. **Явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.**
 - А) Инертность.
 - В) Равновесие.
 - С) Инерция.
 - Д) Бесконечное состояние покоя.
2. **Сила, с которой Земля притягивает к себе тела.**
 - А) Сила упругости.
 - В) Вес тела.
 - С) Сила тяжести.
 - Д) Сила реакции опоры.
3. **Сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие действия на тело силы тяжести.**
 - А) Вес тела.
 - В) Сила тяжести.
 - С) Сила реакции опоры.
 - Д) Сила натяжения нити.
4. **Сила взаимодействия неподвижных относительно друг друга тел, направленная вдоль поверхности их соприкосновения.**
 - А) Сила трения покоя.
 - В) Сила трения скольжения.
 - С) Сила трения качения.
 - Д) Сила упругости.
5. **Прибор для измерения силы.**
 - А) Тонومتر.
 - В) Динамометр.
 - С) Барометр.
 - Д) Термометр.
6. **Основные единицы измерения силы и массы:**
 - А) г, Н.
 - В) кг, Н.
 - С) г, Н/кг.
 - Д) Н, кг.
7. **Деформация, при которой после прекращения действия силы тело не меняет свою первоначальную форму.**
 - А) Упругая.
 - В) Пластическая.
 - С) Остаточная.
 - Д) Деформация сжатия.
8. **Лодка в момент прыжка мальчика на берег отходит назад почти с такой же скоростью, с какой прыгает мальчик. Сравните массы лодки и мальчика.**
 - А) Масса лодки значительно больше массы мальчика.
 - В) Масса лодки значительно меньше массы мальчика.
 - С) Массы почти одинаковы.
 - Д) Сравнить массы невозможно.
9. **Укажите причину изменения скорости движения тела.**
 - А) Продолжительность движения.
 - В) Действие силы.
 - С) Отсутствие взаимодействия с другими телами.
 - Д) Стремление тел сохранить состояние покоя.

Вариант 2А

- Свойство тела сохранять состояние равномерного и прямолинейного движения или покоя, когда действующие на него силы отсутствуют или взаимно друг друга уравновешивают.**
 - Инертность.
 - Инерция.
 - Равновесие.
 - Постоянство скорости.
- После взлета расстояние от центра Земли до космического корабля увеличилось в три раза, сила притяжения корабля к Земле уменьшилась:**
 - в два раза.
 - в три раза.
 - в девять раз.
 - в четыре раза.
- Сила взаимодействия всех вместе взятых молекул деформированного тела, стремящихся вернуть ему первоначальную форму.**
 - Сила упругости.
 - Вес тела.
 - Сила тяжести.
 - Сила реакции опоры.
- Сила взаимного притяжения тел во Вселенной.**
 - Сила тяжести.
 - Сила упругости.
 - Сила трения.
 - Сила всемирного тяготения.
- Сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к телу и направленная против направления движения тела.**
 - Сила трения покоя.
 - Сила трения скольжения.
 - Сила трения качения.
 - Сила упругости.
- Сила, которая производит на тело такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил.**
 - Суммарная сила.
 - Итоговая сила.
 - Равнодействующая сила.
 - Максимальная сила.
- Деформация, при которой после прекращения действия силы тело меняет свою первоначальную форму.**
 - Упругая.
 - Пластическая.
 - Остаточная.
 - Деформация сжатия.
- Первое тело после взаимодействия движется со скоростью вдвое большей, чем второе тело. Сравните массы тел.**
 - Масса первого тела больше массы второго в два раза.
 - Масса первого тела меньше массы второго в два раза.
 - Масса первого тела больше массы второго в четыре раза.
 - Масса первого тела меньше массы второго в четыре раза.
- В результате деформации сжатия длина пружины уменьшилась. Сила упругости при этом:**
 - увеличилась.
 - уменьшилась.
 - не изменилась.
 - на начало сжатия резко увеличилась, на конец сжатия уменьшилась.

ГЛАВА VI

ДАВЛЕНИЕ

Изучив главу, вы сможете:

- описывать строение твердых тел, жидкостей и газов на основе молекулярного строения вещества;
- объяснять физический смысл давления и описывать способы его изменения;
- объяснять давление газа на основе молекулярного строения;
- выводить формулу гидростатического давления в жидкостях и применять ее при решении задач;
- приводить примеры использования сообщающихся сосудов;
- описывать принцип действия гидравлических машин;
- рассчитывать выигрыш в силе при использовании гидравлических машин;
- определять выталкивающую силу и исследовать ее зависимость от объема тела, погруженного в жидкость;
- объяснять природу выталкивающей силы в жидкостях и газах;
- применять закон Архимеда при решении задач.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать три положения МКТ, привести к ним доказательства;
- назвать свойства тел в трех агрегатных состояниях вещества и объяснить их на основе МКТ;
- сравнить размеры молекул (атомов) с размерами других тел.

§ 21. Молекулярное строение твердых тел, жидкостей и газов

I. Строение вещества

Древнегреческий ученый Демокрит предположил, что все вещества состоят из мельчайших неделимых частиц, и назвал их *атомами* (от греч. *atomos* – неделимый). Он полагал, что все частички одинаковые, а разнообразие веществ объяснял различным соединением атомов.

Наблюдение физических явлений, таких как расширение тел при нагревании, получение растворов, распространение запахов, сжимаемость газов, растяжение резины, привело ряд ученых к выводу, который является *первым положением молекулярно-кинетической теории (МКТ)*:

Все вещества состоят из отдельных частиц: молекул или атомов, между которыми есть свободное пространство.

С появлением электронных и туннельных микроскопов размеры и масса частиц были определены с большой точностью. Например, масса молекулы водорода равна $3,3 \cdot 10^{-27}$ кг, ее размер составляет около $2,5 \cdot 10^{-10}$ м.

Материал для дополнительного чтения

Элементы

Французский химик **А.Л. Лавуазье** предложил считать, что «любое вещество, которое не может быть разложено на другие вещества, надо считать химическим элементом». Достаточно точное определение элемента для своего времени дал древнегреческий философ **Аристотель**: *«Все окружающее представляет собой элементы либо состоит из элементов. Элемент представляет собой то, на что можно разложить другие тела, но не может быть разложено само ни на что более простое или отличное от самого себя»*. Воду можно разложить на водород и кислород (рис. 68), следовательно вода не является химическим элементом. Частицы тех веществ, которые можно разложить на частицы химических элементов, назвали молекулами.



Демокрит (ок. 460–370 гг. до н.э.) – древнегреческий ученый и философ. Считал, что все безграничное разнообразие веществ в природе состоит из множества мельчайших частиц – атомов. Они отличаются по форме и величине, но сами по себе вечны и неизменны.

II. Атомы и молекулы

К 1800 г. в природе было обнаружено 30 химических элементов. Примерами химических элементов являются железо, ртуть, серебро, золото, медь, фосфор. Все химические элементы были систематизированы русским ученым **Д.И. Менделеевым**. Им была предложена периодическая таблица элементов.

К 2013 г. количество известных химических элементов достигло 118, из них 94 обнаружено в природе, остальные 24 получены искусственно в лабораториях. *Веществ в природе намного больше числа элементов в таблице Менделеева. Разнообразие веществ объясняется различным соединением атомов, подобно разнообразию слов в любом языке при строго определенном количестве букв алфавита.*

Атом – это мельчайшая частица химического элемента.

Молекула – это мельчайшая частица вещества, сохраняющая свойства данного вещества.

При расщеплении молекул на атомы из них могут образоваться молекулы нового вещества с другими свойствами.

III. Движение молекул. Явление диффузии

Предполагая, что молекулы совершают непрерывное беспорядочное движение, можно объяснить распространение запаха цветов, аромата свежеспеченного хлеба. Молекулы, двигаясь и сталкиваясь друг с другом, проникают в межмолекулярное пространство соседних молекул. Такое проникновение принято называть диффузией.

Диффузия происходит во всех состояниях вещества: в газообразном, жидком и твердом.

Крупинки краски (рис. 69), опущенные в воду, растворяются. Только происходит это медленнее, чем в газах. Для равномерного распределения частиц по всему объему потребуется несколько дней. В твердых телах частицы редко покидают свое положение равновесия, они совершают только колебательное движение. Как показал опыт, приложенные друг к другу отшлифованные пластины свинца и золота, сжатые грузом, при комнатной температуре за 5 лет проникли друг в друга всего лишь на расстояние 1 мм.

Диффузия – процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого, в результате которого происходит равномерное распределение частиц по всему занимаемому объему.

Диффузия является доказательством второго положения МКТ:

Частицы, из которых состоит тело, беспорядочно движутся.

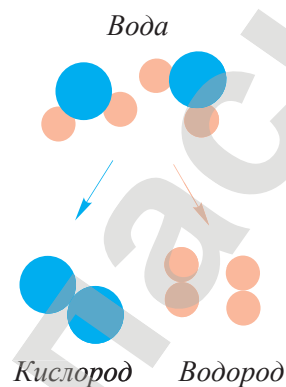


Рис. 68. Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода



▲ Примером диффузии служит распространение запаха цветов.

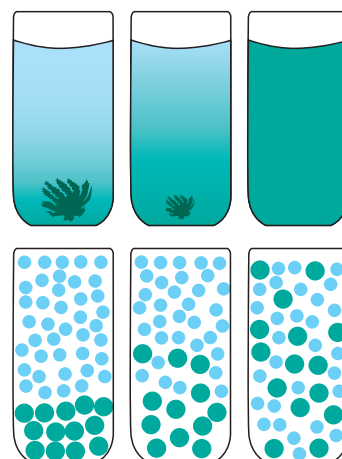


Рис. 69. Диффузия в жидкости

IV. Агрегатные состояния вещества

Вода, лед, водяной пар – это три названия для одного и того же вещества. Они соответствуют трем *агрегатным* состояниям: *твердому, жидкому, газообразному*. Ни одно из веществ не имеет столько названий. Для них указывается только состояние, в котором они находятся, например: жидкий азот, жидкое олово.

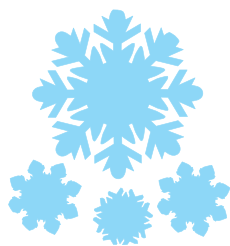


Рис. 70. Симметрия снежинок

Агрегатное состояние – это состояние вещества, характеризующееся определенными качественными свойствами.

Рассмотрим свойства вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях.

1. Свойства твердых тел. Кусок льда *сохраняет длительное время объем, имеет свою форму*. Для изменения формы и объема потребуется приложить усилие. Такими свойствами обладают все твердые тела.

Наблюдаемая симметрия снежинок дает возможность предположить, что молекулы располагаются в определенном порядке (рис. 70). Изучая строение различных веществ, ученые пришли к выводу, что у многих из них наблюдается строгий порядок в расположении молекул. Молекулы этих веществ образуют кристаллическую решетку. На рис. 71 изображены кристаллические решетки поваренной соли и алмаза.

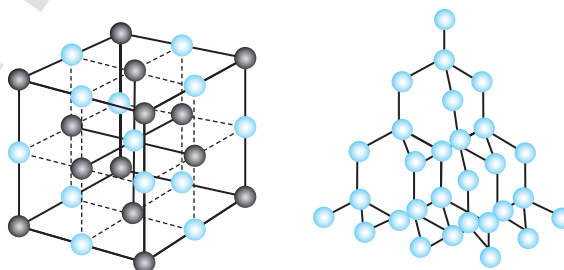


Рис. 71. Кристаллы поваренной соли и алмаза

Твердые тела сохраняют форму и объем, имеют кристаллическую решетку.

В таких веществах, как пластмасса, стекло, пластилин, воск, молекулы расположены беспорядочно. Они не имеют кристаллическую решетку. Тела из этих веществ при нагревании постепенно размягчаются и меняют свою форму. Такие тела называют *аморфными*. В физике аморфные тела рассматриваются как очень вязкие жидкости.



Рис. 72. Жидкость легко меняет форму

2. **Свойства жидкостей.** В жидком состоянии вещество легко меняет свою форму, принимая форму того сосуда, в который его наливают (рис. 72). Жидкость обладает свойством текучести, ее легко перелить из одного сосуда в другой. Объем жидкости при этом не меняется. Попытка изменить объем жидкости сжатием в запаянном металлическом сосуде не удалась, жидкость просочилась через его стенки.

Жидкость сохраняет свой объем, несжимаема, легко меняет свою форму, обладает свойством текучести.

3. **Свойства газов.** В газах молекулы слабо взаимодействуют между собой и, хаотично двигаясь, заполняют весь предоставленный им объем. Основным свойством газа является его способность полностью заполнить сосуд, в котором он находится. Водой можно заполнить сосуд до половины, но газ всегда целиком заполняет весь объем сосуда. Газ легко сжимается. Ручным насосом можно накачать в автомобильную шину воздух, занимавший в атмосфере вчетверо больший объем. В кислородных баллонах, применяемых при сварке металлов, кислород сжат в 150 раз сильнее, чем в атмосфере.

Газ не имеет постоянного объема и собственной формы, он заполняет весь предоставленный ему объем.

▼ При испарении 1 л сжиженного газа образуется около 250 л газообразного. Поэтому даже незначительная утечка газа может быть очень опасной, так как объем газа при испарении увеличивается в 250 раз.



? Ответьте на вопросы

1. Почему нельзя утверждать, что объем газа в сосуде равен сумме объемов его молекул?
2. Почему для того, чтобы рыба не задыхалась в зимнее время, в небольших водоемах делают проруби?
3. Почему не рекомендуется мокрую ткань, окрашенную в темный цвет, оставлять на длительное время в соприкосновении с белой тканью?
4. Почему свойства одного и того же вещества в различных агрегатных состояниях отличаются?

▼ Чтобы рыба не задыхалась зимой в водоеме, необходимо делать проруби во льду и следить за тем, чтобы они оставались открытыми.



! Запомните!

Три положения МКТ:

1. Вещества состоят из молекул.
2. Молекулы движутся.
3. Молекулы взаимодействуют.

? Ответьте на вопросы

1. В результате чего происходит загрязнение почвы, воды, воздуха? Где загрязнение распространяется быстрее? Как мы можем это предотвратить?
2. Почему листья или ряска, покрывающие водоем, могут привести к гибели ее обитателей?

↻ Задание

Составьте сравнительную таблицу свойств вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии.

V. Молекулярно-кинетическое представление о строении вещества

Нам известно, что все *вещества состоят из частиц, находящихся в непрерывном движении*. Почему тогда тела не распадаются на отдельные молекулы? Причина заключается в том, что *молекулы (атомы) притягиваются друг к другу*. Жидкость сравнительно легко делится на части, так как притяжение ее молекул довольно слабое. Поделить кусок металла на две части значительно труднее, так как взаимодействие молекул твердых тел намного сильнее. При растяжении резины легко увеличивается расстояние между ее молекулами, но увеличить растяжением площадь стола вам никогда не удастся.

Кроме сил притяжения, между молекулами действуют силы отталкивания. Сжатые тела восстанавливают свою форму благодаря именно этим силам. *Третье положение молекулярно-кинетической теории:*

Частицы вещества взаимодействуют друг с другом.

Характер взаимодействия молекул зависит от расстояния между ними. *При растяжении тел расстояние между молекулами увеличивается, возрастают силы притяжения. При сжатии тел расстояние между молекулами уменьшается, преобладают силы отталкивания.*

Контрольные вопросы

1. Что такое атом, молекула?
2. Из чего состоит вещество?
3. Одинаковы ли молекулы различных веществ? Одинаковы ли молекулы одного и того же вещества?
4. Что называют диффузией?
5. В каких веществах диффузия происходит быстрее?
6. Назовите основные положения молекулярно-кинетической теории.
7. Какими свойствами обладают вещества в различных агрегатных состояниях?

★ Упражнение 19

1. Размеры молекул сложных веществ достигают 0,005 мкм. Сколько таких молекул поместилось бы на отрезке длиной 1 см?
2. Диаметр молекулы кислорода составляет $3 \cdot 10^{-10}$ м. В объеме, равном 1 мм^3 , содержится $2,7 \cdot 10^{16}$ молекул. Какой длины отрезок получится, если все молекулы выложить в ряд?



Экспериментальные задания

1. Определите толщину одного листа учебника. Запишите результат с учетом абсолютной погрешности. Учтите, что при измерении толщины учебника погрешность была определена для всех его листов.
2. Определите скорость диффузии в газах. Открыв флакон пахучего вещества (например, духи), отойдите на 4–5 метров. Определите время, за которое частицы вещества преодолели это расстояние. Поделите значение расстояния на время. Полученный результат сравните со скоростью движения молекул кислорода и азота, значение которых найдите в справочной литературе.



Творческие задания

1. Подготовьте сообщение на тему «Роль диффузии в жизни человека».
2. Выясните, кто из ученых и в какие годы изучал строение вещества. Составьте по найденной информации справку с указанием фамилий ученых; стран, в которых они жили; результатов их исследований.

► Диффузия происходит в газообразном, жидком и твердом состояниях.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- привести примеры зависимости давления от силы давления и площади опоры;
- называть способы изменения давления;
- указать направление силы давления;
- записать формулу давления и вывести из нее вытекающие формулы;
- перевести различные единицы измерения давления в СИ;
- записать значение давления в стандартном виде.

§ 22. Давление твердых тел**I. Факторы, влияющие на действие силы**

Чем больше значение силы, тем большее воздействие она оказывает на тело. Достаточно ли знания величины силы для того, чтобы предсказать результат ее действия? Нам известно, что человек с трудом идет по рыхлому снегу, но встав на лыжи, он может двигаться, практически не проваливаясь в него (рис. 73).

В чем причина? Вес человека не изменился, изменилась площадь поверхности, на которую действует сила. Вездеход, гусеничный трактор имеют большую площадь опоры. Они легко проходят там, где человека ждет опасность: по рыхлому снегу, сыпучим пескам, по заболоченной местности (рис. 74). Действие силы зависит от ее значения и от площади соприкосновения взаимодействующих тел.

II. Сила давления

Силой давления могут быть различные по происхождению силы. Например, вес книги, действующий на опору, мускульная сила рабочего, прижимающего деталь к точильному кругу (рис. 75). Силой давления является сила упругости сжатой пружины домкрата, поднимающего машину.



Рис. 73. Действие силы зависит от площади опоры

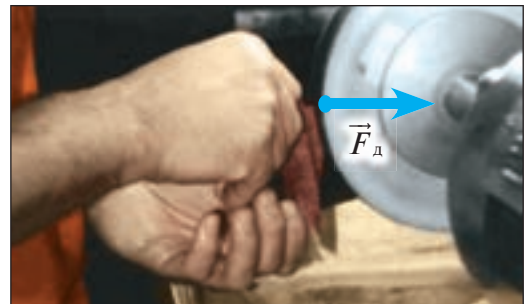
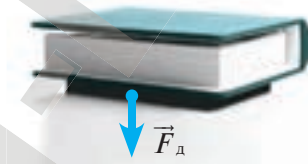


Рис. 75. Сила давления перпендикулярна плоскости поверхности

В пространстве она может быть ориентирована произвольно, но относительно поверхности соприкосновения тел сила давления всегда направлена перпендикулярно.

III. Давление. Единицы измерения давления

Для того чтобы определить давление, необходимо силу давления разделить на площадь поверхности опоры:

$$p = \frac{F_d}{S},$$

где p – давление, F_d – сила давления, S – площадь опоры.



Рис. 74. Широкая опора ослабляет действие силы

Давление – это физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

При известном значении давления можно определить силу давления по формуле:

$$F_{\text{д}} = pS,$$

а площадь опоры можно определить из соотношения:

$$S = \frac{F_{\text{д}}}{p}.$$

В Международной системе единиц давление выражается в паскалях (Па).

$$1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

За единицу давления принимают давление, которое производит сила 1 Н, действующая на перпендикулярную поверхность площадью 1 м².

! Запомните!

$$\text{давление} = \frac{\text{сила давления}}{\text{площадь опоры}}$$

В практике применяются единицы измерения с использованием кратных и дольных приставок: гПа, кПа, МПа, мПа, мкПа.

IV. Способы изменения давления

Факторы, влияющие на действие силы, определяют способы изменения давления. *Увеличить давление можно, увеличивая силу давления или уменьшая площадь опоры.* Все колющие и режущие инструменты: иголки, ножницы, ножи, имеют малую площадь острия или реза. Это позволяет малой силой создать большое давление.

Давление уменьшится, если уменьшить силу давления или увеличить площадь опоры. Именно поэтому гусеницы трактора, шины вездехода имеют большую площадь поверхности. Как показывают расчеты, давление, которое создает человек своим весом, в десятки раз превышает давление вездехода.

! Запомните!

Примеры замены кратных и дольных приставок множителями:
 1 гПа = 100 Па = 10² Па;
 1 кПа = 1000 Па = 10³ Па;
 1 МПа = 1 000 000 Па = 10⁶ Па;
 1 мПа = 0,001 Па = 10⁻³ Па;
 1 мкПа = 0,000001 Па = 10⁻⁶ Па.

↻ Задание

Выразите 45 Па в гПа, кПа, МПа. Представьте числа в стандартном виде.

? Ответьте на вопросы

1. Почему стопы ног верблюда покрыты мозолистыми подушками?
2. Почему хоботок у комара тоньше, чем у осы?
3. Почему ремни большого рюкзака широкие?
4. Почему при спасении человека на тонком льду спасатель и тонущий человек должны принять горизонтальное положение? Почему тонущему человеку для опоры необходимо передать широкую доску?
5. Почему для массивных сооружений необходим широкий фундамент?

V. Передача давления в твердых телах

Под действием силы давления твердые тела деформируются. Расстояние между частицами, из которых состоит тело, уменьшается преимущественно по направлению действия силы (рис. 76). При сжатии упругого тела между частицами возникают силы отталкивания, они передают давление по направлению действия силы давления.



▲ Вскрывая землю, человек оказывает действие на лопату в строго определенном направлении.

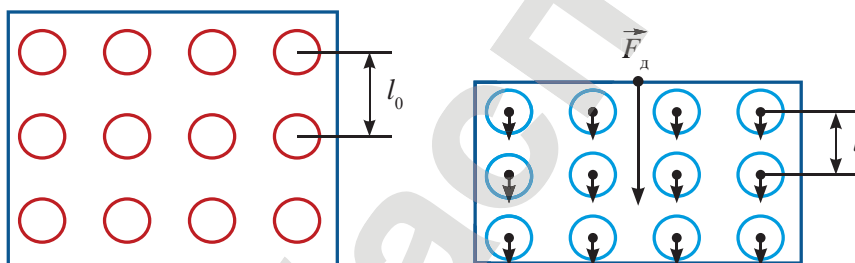


Рис. 76. Деформация твердого тела по направлению действия силы

В твердых телах давление передается по направлению действия силы.

Передача давления в твердых телах нашла применение в инструментах, которые должны оказывать действие на тело в строго определенном направлении. Например: ножи, лопаты, отвертки, кусачки, долото.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на взаимодействие соприкасающихся тел?
2. Что такое давление?
3. В каких единицах измеряют давление?
4. Как направлена сила давления относительно поверхности соприкасающихся тел?
5. Как можно изменить давление при неизменном значении силы давления?
6. Почему по покрытию из большого числа битого стекла можно пройти, не получив серьезных ран, а наступив на один осколок, можно получить глубокую рану?

★ Упражнение 20

1. Какое из указанных ниже численных значений давления наибольшее, и какое – наименьшее: 6 кН/м^2 , 60 Н/см^2 , 600 Па ?
2. Определите давление, которое оказывает коттедж площадью 120 м^2 весом 750 кН на фундамент. Что произойдет с домом, если его выстроить без фундамента?
3. Какова площадь соприкосновения каждого из восьми колес вагона с рельсом, если оказываемое колесом давление равно $3 \cdot 10^9 \text{ Па}$, а масса вагона – 60 т ?
4. На горизонтальном полу лежит плита из бетона толщиной 25 см . Определите давление, производимое плитой.

🏠 Упражнение 20д

1. Каток массой 6000 кг имеет площадь опоры 2000 см^2 . Какое давление он оказывает на почву?
2. Спортсмен, масса которого равна 80 кг , стоит на лыжах. Длина каждой лыжи – 2 м , ширина – 8 см . Какое давление оказывает спортсмен на снег?



▲ Галина Вишневская – биатлонистка из Восточно-Казахстанской области, мастер спорта международного класса, серебряный призер Чемпионата мира по биатлону среди юниоров-2012.

Экспериментальные задания

1. Исследуйте действие бруска на опору в трех случаях: брусок лежит на мокром песке (на рыхлом снегу) широкой гранью, боковой гранью, торцом. В каком случае давление наибольшее? Проверьте полученный результат расчетами. Необходимые величины определите, используя линейку и динамометр.
2. Определите давление стула на пол. Насколько изменится давление, если на него положить груз известной массы?

Творческое задание

Прочитайте рассказы «Почему заостренные предметы колючи», «Наподобие Левиафана» в книге И. Перельмана «Занимательная физика». Напишите рассказ о роли больших и малых давлений в нашей жизни.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- объяснить передачу давления в жидкостях подвижностью молекул, в газах свойством занимать весь предоставленный объем;
- сформулировать закон Паскаля;
- провести экспериментальное исследование давления в жидкостях и газах;
- назвать физические величины, от которых зависит давление;
- определить значения давления жидкости по графику зависимости давления от глубины погружения и по расчетной формуле.

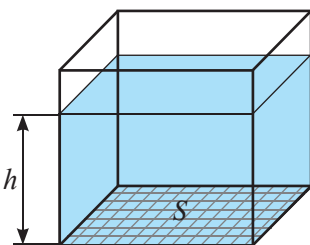


Рис. 78. Давление в жидкости с глубиной возрастает

§ 23. Давление в жидкостях и газах, закон Паскаля

I. Передача давления в жидкостях

Жидкости не сжимаются, они обладают свойством текучести. Благодаря этим свойствам под воздействием внешней силы молекулы жидкости смещаются относительно друг друга и передают давление в различных направлениях (рис. 77).

Свойство жидкости передавать давление в различных направлениях используется в таких устройствах, как гидравлический пресс, гидравлический подъемник, в системе водоснабжения.

В жидкостях давление передается во всех направлениях благодаря свойству текучести.

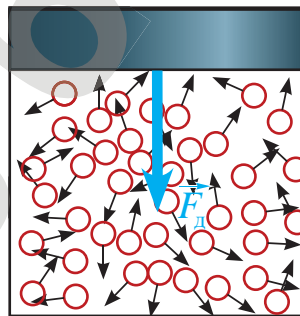


Рис. 77. Давление в жидкостях передается в различных направлениях

Различный механизм передачи давления в твердых телах и жидкостях позволяет объяснить ряд явлений. Например, камешек, пробивший оконное стекло, оставляет сквозное отверстие. Объяснить это можно тем, что давление в твердых телах передается по направлению действия силы. Стекланный аквариум, заполненный водой, при попадании в него того же камешка разбивается на мелкие осколки, так как давление в жидкостях передается по всем направлениям. Под давлением воды содержимое аквариума разлетается в разные стороны.

II. Расчет давления внутри жидкости

Получим формулу расчета давления внутри жидкости. Пусть жидкость налита в сосуд правильной формы (рис. 78).

Дно сосуда испытывает давление, созданное весом жидкости:

$$F_{\text{д}} = P = mg.$$

Учитывая, что $m = \rho \cdot V$, а $V = S \cdot h$, получим формулу расчета давления внутри жидкости:

$$F_{\text{д}} = \rho Shg.$$

✓ Возьмите на заметку!

Давление в жидкости не зависит от площади основания!

! Запомните!

давление в жидкости =
= плотность жидкости \times
 $\times 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ \times глубина

Давление определим по известной нам формуле:

$$p = \frac{F_d}{S} = \frac{\rho Shg}{S}.$$

Сократим площади, получим формулу расчета давления внутри жидкости:

$$p = \rho gh.$$

На рис. 79 дан график зависимости давления воды от глубины погружения.

Весовое давление в жидкости принято называть гидростатическим давлением.

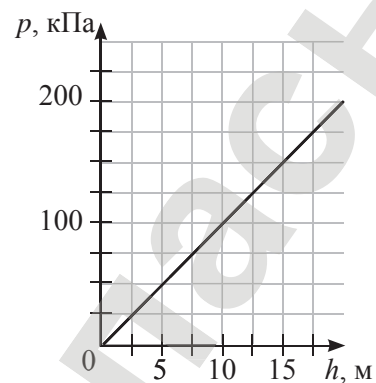


Рис. 79. График зависимости давления воды от глубины погружения

Гидростатическое давление жидкости зависит от высоты столба жидкости и ее плотности. Оно не зависит от площади основания сосуда.

Жидкости, обладая свойством текучести, передают давление во всех направлениях. Следовательно, давление на одном и том же уровне жидкости в различных направлениях должно быть одинаковым.



Задание

По графику на рис. 79 определите давление на глубине 5 м, 10 м, 15 м. Рассчитайте давление воды на указанных глубинах по формуле. Сравните полученные значения.

▼ Погружение в воду с аквалангом.

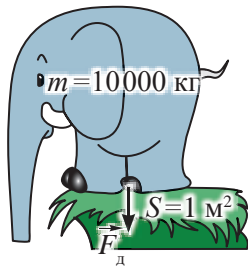
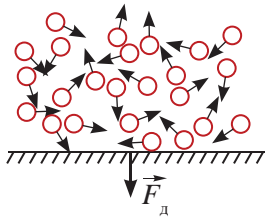


Рис. 80. Давление воздуха сравнимо с давлением слона

III. Расчет силы давления на дно и стенки сосуда

Для определения силы давления на дно сосуда достаточно знать площадь дна и значение гидростатического давления на дно сосуда:

$$F_d = pS.$$

Более сложной задачей является определение давления на боковые стенки сосуда, так как давление с глубиной возрастает. В этом случае необходимо найти среднее значение давления $p_{\text{ср}}$. Оно определяется как среднее арифметическое значений давления на верхнем и нижнем уровнях воды той части боковой поверхности, для которой рассчитывают силу давления:

$$p_{\text{ср}} = \frac{p_{\text{в}} + p_{\text{н}}}{2}.$$

Решение задачи будет верным и в том случае, если давление будет определено на уровне средней линии боковой поверхности.

IV. Давление в газах

Прежде чем рассмотреть передачу давления в газах, выясним, как создается это давление. В газообразном состоянии газ занимает весь предоставленный ему объем. Молекулы, беспорядочно двигаясь, сталкиваются друг с другом и телами, находящимися внутри газа. Сила удара молекулы создает силу давления. Сила давления одной молекулы ничтожно мала, но суммарная сила давления всех молекул значительна. В 1 см^3 воздуха содержится $2,7 \cdot 10^{22}$ молекул. Расчеты показывают, что давление воздуха на 1 м^2 площади сравнимо с давлением на эту площадь тела массой 10 тонн. Массой, близкой к этому значению, обладают в природе слоны (рис. 80).

V. Факторы, влияющие на давление газа

Для увеличения давления газа необходимо увеличить число ударов о поверхность тела. Для этого необходимо увеличить плотность газа или повысить его температуру. При увеличении плотности газа число молекул в единице объема возрастет, число ударов о поверхность тела в единицу времени станет больше. При повышении температуры молекулы газа будут двигаться быстрее, число ударов возрастет, сила удара увеличится.

Давление в газах создается ударами молекул.

Для уменьшения давления газа необходимо уменьшить плотность газа или охладить его.

? Ответьте на вопросы

1. Почему при погружении на большую глубину необходим скафандр?
2. Почему взрывы в воде опасны для обитателей всего водоема?
3. Почему мыльный пузырь имеет форму шара?
4. Почему сжатые газы хранят в толстостенных сосудах?



Рис. 81. Камера волейбольного мяча имеет шарообразную форму

VI. Передача давления в газах

Газ равномерно заполняет весь предоставленный ему объем. Поэтому при сжатии газа увеличение давления происходит во всем объеме сосуда. Давление газа, созданное внешней силой, передается по всем направлениям одинаково. В этом можно убедиться при накачивании воздуха в камеру волейбольного мяча (рис. 81). Форма наполненной воздухом камеры шарообразная.

Разнообразие форм воздушных шаров объясняется различным значением силы упругости по поверхности шара (рис. 82).

Передача давления сжатым воздухом широко используется в технике. Созданы пневматические инструменты и устройства: отбойный молоток, пневматический тормоз в вагонах железнодорожного транспорта, устройство для автоматического управления дверями в общественном транспорте.

В газах давление передается по всем направлениям благодаря свойству газа равномерно заполнить весь предоставленный ему объем.

VII. Закон Паскаля

Давление в газах и жидкостях благодаря подвижности молекул передается по всем направлениям. Блез Паскаль на опытах установил, что значение добавочного давления, созданного внешней силой, передается без изменения во все точки жидкости и газа. Это утверждение называют законом Паскаля.

Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку объема жидкости или газа.

В этом можно убедиться, используя прибор «шар Паскаля». Полый шар, имеющий в различных местах узкие отверстия, соединяется с цилиндром, в который плотно вставлен поршень. Давление, которое создают в цилиндре внешней силой, передается жидкостью или газом во всех направлениях без изменения. Струи воды, вытекающие из различных отверстий, одинаковые. То же самое можно сказать и о струях дыма (рис. 83).



Рис. 82. Форма воздушного шара определяется его размерами и толщиной резины



Французский ученый, математик, физик, философ **Блез Паскаль** (1623–1662) исследовал свойства жидкостей и газов. Установил принцип действия гидравлического пресса. Подтвердил на опытах существование атмосферного давления, доказал, что воздух имеет вес.

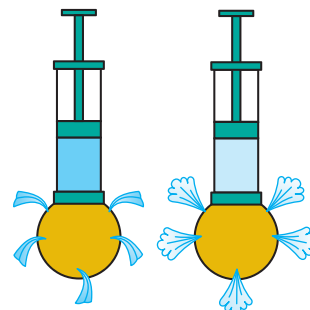


Рис. 83. Струи воды и дыма во всех направлениях одинаковые

ПРИМЕР

При какой высоте столба жидкости в цилиндрическом сосуде сила давления на дно и стенки сосуда будет одинаковой? Радиус основания сосуда составляет 0,5 м.

Дано:

$R = 0,5 \text{ м}$

$F_1 = F_2$

$h - ?$

Решение:

Давление на дно сосуда равно:

$p_1 = \rho gh.$

Давление на боковые стенки

определяют как среднее значение давления:

$$p_2 = \rho g \frac{h}{2}.$$

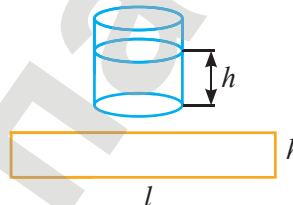
Площадь дна сосуда равна: $S_1 = \pi R^2.$ Боковые стенки представляют собой прямоугольник со сторонами $l = 2\pi R$ и $h.$ Площадь прямоугольника равна: $S_2 = 2\pi Rh.$ Силу давления на дно сосуда определим по формуле: $F_1 = p_1 S_1 = \rho gh \cdot \pi R^2.$

Сила давления на боковые стенки равна:

$$F_2 = p_2 S_2 = \rho g \frac{h}{2} \cdot 2\pi Rh = \rho gh^2 \cdot \pi R.$$

По условию задачи $F_1 = F_2$: $\rho gh \cdot \pi R^2 = \rho gh^2 \cdot \pi R.$ Сократим обе части равенства на равные величины, получим равенство $R = h.$

$h = 0,5 \text{ м}.$

Ответ: $h = 0,5 \text{ м}.$ **Контрольные вопросы**

1. Благодаря какому свойству жидкости давление передается во всех направлениях?
2. Как создается давление в газах?
3. Какими способами можно изменить давление в газах?
4. Благодаря какому свойству давление в газах передается во всех направлениях?
5. В чем заключается закон Паскаля?

Упражнение 21

1. Определите давление на максимальной глубине Каспийского моря, равной 1025 м. Сравните с давлением на максимальной глубине Иртыша, равной 15 м.
2. Вычислите давление нефти на дно бака, если верхний уровень ее находится в 9,5 м от дна. Определите силу давления на дно бака, площадь которого равна $290 \text{ м}^2.$

3. Определите давление на дно и боковые стенки аквариума, полностью заполненного водой. Аквариум представляет собой куб со стороной 80 см. Рассчитайте силу давления на дно, на боковую грань, на все боковые грани аквариума.

Упражнение 21д

1. Вычислите давление жидкости плотностью 1800 кг/м^3 на дно цилиндрического сосуда, если высота ее столба равна 10 см.
2. В сосуде находятся один над другим три слоя несмешивающихся жидкостей: воды, масла и ртути. Высота каждого слоя – 5 см. Определите давление на дно сосуда и на глубине 8 см.
3. Плоскодонная баржа получила пробоину в дне площадью сечения 200 см^2 . С какой силой нужно давить на пластырь, которым закрывают отверстие, чтобы сдержать напор воды на глубине 2 м?

Экспериментальные задания

1. На цилиндр с поршнем натяните тонкую пленку, закрепите ее (рис. 84). Переместите поршень влево, затем, вернув его в исходное положение, переместите вправо. Проанализируйте за изменением положения пленки. Объясните результаты опыта.
2. Надуйте два шара до одинакового размера. Один из них поместите в морозильную камеру холодильника. Через некоторое время сравните объемы шаров. Почему их размеры стали разными?

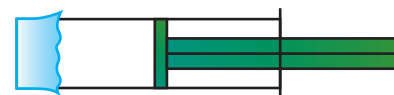


Рис. 84. Цилиндр с поршнем

Творческие задания

1. Подготовьте доклад о пневматических инструментах и устройствах. Подберите иллюстрации к докладу в сети Интернет, оформите в виде презентации в PowerPoint.
2. По словарю определите значение слов: акваланг, скафандр, батисфера, батискаф. Выясните, каковы симптомы кессонной болезни, каковы причины заболевания?

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определение сообщающимся сосудам;
- привести примеры сосудов и устройств, действующих на свойствах сообщающихся сосудов;
- провести опыты для доказательства соотношений высот жидкостей в коленах сообщающихся сосудов;
- рассчитать высоту столба жидкости;
- объяснить принцип действия шлюза, артезианского колодца, водопровода, водомерного стекла.



Рис. 85. Сообщающиеся сосуды

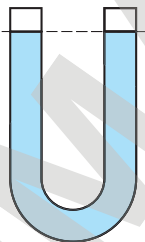


Рис. 86. Свободные поверхности жидкостей в сообщающихся сосудах расположены на одном уровне

§ 24. Сообщающиеся сосуды

I. Сообщающиеся сосуды

В быту и технике используются сообщающиеся сосуды: чайники, лейки, радиатор отопления, водопровод, шлюзы, гидравлические машины. Они представляют собой два или несколько сосудов, соединенных между собой (рис. 85).

Сосуды, соединенные между собой, называются сообщающимися.

II. Высота столба жидкости в сообщающихся сосудах

Если в сообщающиеся сосуды налить однородную жидкость, то свободная поверхность жидкости в сосудах установится на одном уровне (рис. 86). К такому выводу можно прийти теоретически. При равновесии, когда движение жидкости в сосудах прекратится, давление в левом и правом колене станет одинаковым:

$$p_1 = p_2, \text{ или } \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2.$$

Учитывая, что жидкость в сосуде однородная, т.е. $\rho_1 = \rho_2$, легко убедиться в том, что равенство выполнится только при условии, когда $h_1 = h_2$.

Давление в жидкости не зависит ни от площади сечения, ни от формы сосуда (рис. 87).

В сообщающихся сосудах любой формы и площади сечения свободные поверхности однородной жидкости устанавливаются на одном уровне (при условии, что давление воздуха над жидкостью одинаково).

Если в сосуды налить неоднородные несмешивающиеся жидкости, то их свободные поверхности окажутся на разных уровнях (рис. 88).

Пусть $\rho_1 \neq \rho_2$, тогда равенство давлений в правом и левом коленах сообщающихся сосудов станет возможным при выполнении соотношения:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}.$$

Во сколько раз плотность одной жидкости больше другой, во столько же раз высота столба этой жидкости в сообщающихся сосудах будет меньше.

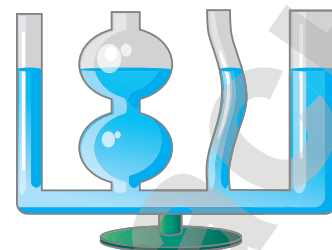


Рис. 87. Уровни свободных поверхностей жидкости в сообщающихся сосудах не зависят от их формы

III. Водопровод

В конце XIX начале XX века в крупных городах мира были построены водопроводы, основной частью которых была водонапорная башня. Высота башни превышала самые высотные здания в городе (рис. 89). В бак водонапорной башни (A) нагнеталась насосами (B) вода, прошедшая систему очистки. Трубы, подводящие воду в дома, и бак в башне представляли собой сообщающиеся сосуды (рис. 90). Давление воды, созданное в башне, поднимало воду по трубам в дома, высота которых не превышала пяти этажей.

Первый водопровод в Казахстане был построен в 1910 году в городе Семипалатинск.

В современном водопроводе вода поднимается в высотные дома под воздействием насосов, которые устанавливаются на насосных станциях.

Большинство водонапорных башен в крупных городах стали памятниками архитектуры, музеями, смотровыми площадками.

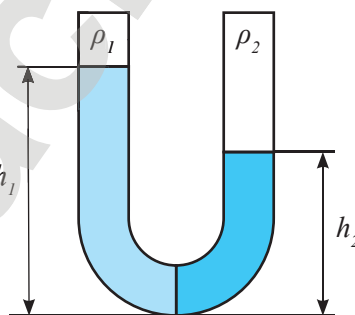


Рис. 88. Уровни свободных поверхностей неоднородных жидкостей в сообщающихся сосудах отличаются

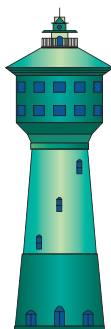


Рис. 89. Водонапорная башня

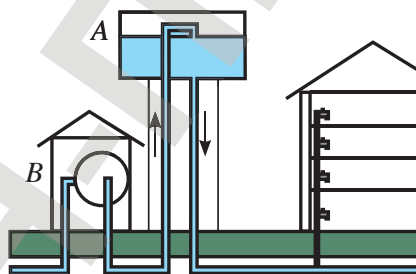


Рис. 90. Схема водопровода

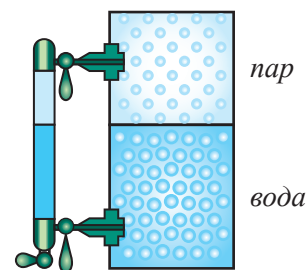


Рис. 91. Водомерное стекло



Рис. 92. Артезианский колодец

Ответьте на вопросы

1. Почему показание водомерного стекла (рис. 91) не будет верным, если нижний клапан будет закрыт? Объясните принцип действия этого прибора.
2. Почему артезианские колодцы невозможно построить на возвышенности (рис. 92)?

❓ Ответьте на вопросы

1. Почему свободные поверхности однородной жидкости находятся на одном уровне только в том случае, если давление воздуха над ними одинаковое?
2. Почему при строительстве мощных гидроэлектростанций планируется строительство шлюзов?
3. Какие экологические проблемы создает в регионе строительство плотины и шлюза?

▼ Обычно гидроэлектростанции строят на реках, сооружая водохранилища и плотины.

Контрольные вопросы

1. Какие сосуды называются сообщающимися?
2. Как располагаются свободные поверхности однородной жидкости в сообщающихся сосудах?
3. Какая зависимость существует между плотностями и высотами столбов неоднородных жидкостей, налитых в сообщающиеся сосуды?

★ Упражнение 22

1. В сообщающихся сосудах находятся ртуть и вода. Высота столба воды – 68 см. Какой высоты столб керосина следует влить в левое колено, чтобы ртуть установилась на одинаковом уровне?

2. Рассмотрите схему устройства шлюза (рис. 93). Объясните принцип его действия.

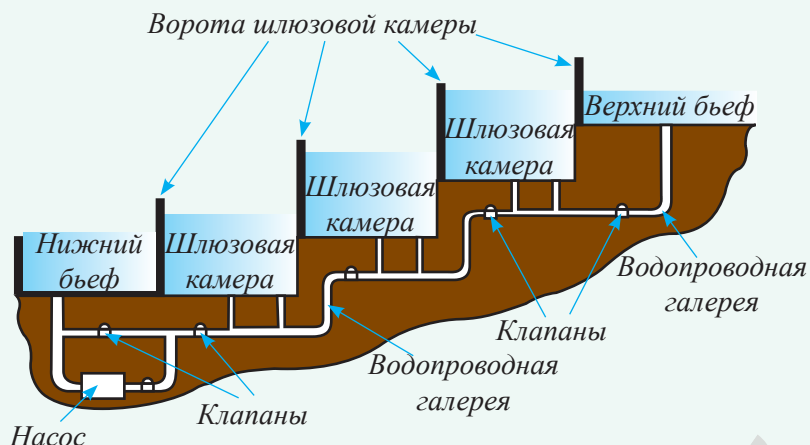


Рис. 93. Схема устройства шлюза

Упражнение 22д

1. Справедлив ли закон сообщающихся сосудов в условиях невесомости?
2. Ширина шлюза – 10 м. Шлюз заполнен на глубину 5 м. С какой силой давит вода на ворота шлюза?
3. В сообщающиеся сосуды налиты ртуть, вода и керосин. Какова высота слоя керосина, если высота столба воды – 20 см и в правом колене уровень ртути ниже, чем в левом на 5 мм (рис. 94)?

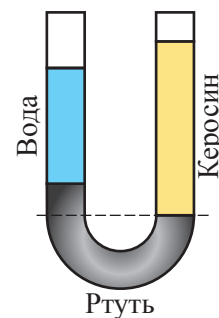


Рис. 94. К домашнему упражнению

Экспериментальное задание

Заполните прозрачную гибкую трубку подкрашенной жидкостью. Измените положение одного конца трубки относительно другого: поднимите выше, опустите ниже, наклоните под некоторым углом, удалите в сторону, приблизьте. Что можно сказать об уровне свободных поверхностей жидкости? Где и как можно использовать эту трубку с жидкостью?

Творческие задания

1. Изобразите схему фонтана, действующего на основе свойств сообщающихся сосудов.
2. Изготовьте модель фонтана из подручного материала.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать основные детали гидравлической машины;
- объяснить принцип действия гидравлического пресса и домкрата;
- определить выигрыш в силе;
- рассчитать высоту подъема тела на домкрате;
- выполнить работу с единицами измерения в расчетных задачах;
- использовать кратные и дольные приставки и стандартный вид записи чисел.

§ 25. Гидравлическая машина**I. Гидравлическая машина**

Закон Паскаля лежит в основе действия гидравлических машин (*от греч.* «hydor» – вода, «aulos» – трубка). Основные части гидравлической машины: два цилиндра разного диаметра, соединенные между собой трубкой, заполненные минеральным маслом. В цилиндры плотно устанавливаются подвижные поршни (*рис. 95*). С помощью гидравлической машины можно не только изменить направление силы давления, но и значительно увеличить ее значение.

Гидравлическая машина – устройство, действие которого основано на законах движения и равновесия жидкостей.

II. Выигрыш в силе при использовании гидравлической машины

Приложим силу F_1 к малому поршню площадью S_1 (*рис. 95*). Давление, которое создается в малом цилиндре, рассчитаем по формуле:

$$p = \frac{F_1}{S_1}.$$

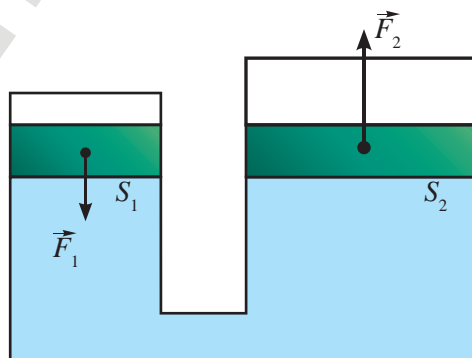


Рис. 95. Гидравлическая машина

На основании закона Паскаля давление передается во все точки жидкости без изменения, следовательно, во втором цилиндре жидкость будет создавать такое же давление. Определим силу давления на второй поршень:

$$F_2 = p S_2.$$

! Запомните!

$$\begin{aligned} \text{выигрыш в силе} &= \\ &= \frac{\text{площадь большего поршня}}{\text{площадь меньшего поршня}} \end{aligned}$$

? Ответьте на вопросы

1. Как инженер-конструктор, проектируя конструкцию гидравлического пресса, обеспечивает необходимый выигрыш в силе?
2. В каких единицах измеряется выигрыш в силе?

Подставим в формулу записанное ранее выражение для давления:

$$F_2 = \frac{F_1}{S_1} S_2$$

или

$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}.$$

Гидравлическая машина дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большего поршня больше площади малого поршня.

III. Гидравлический пресс (от лат. «presso» – давлю)

При использовании гидравлической машины в качестве пресса в конструкцию машины добавляют платформы, между которыми выкладывают прессуемое тело. Одна из платформ крепится к поршню большого цилиндра и является подвижной. Другая платформа крепится к корпусу пресса над большим цилиндром и остается неподвижной, ограничивая движение прессуемого тела (рис. 96).

Гидравлический пресс – машина для обработки материалов давлением: штамповки,ковки, пресования, брикетирования.

В прессах необходимая высота подъема большого поршня достигается перекачиванием масла из малого цилиндра повторными движениями. Однократного действия на малый поршень недостаточно. Увеличивая силу, действующую на большой поршень, получаем малое его перемещение. Несложно доказать, что отношение сил, приложенных к поршням пресса, обратно пропорционально отношению их перемещений:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2},$$

где h_1 – перемещение малого поршня;
 h_2 – перемещение большого поршня.

В конструкции гидравлических прессов предусмотрена система клапанов, управляющих движением жидкости (рис. 96).

! Запомните!

сила давления пресса = сила, приложенная к прессу × × выигрыш в силе

↻ Задание

Определите, во сколько раз площадь большого поршня должна превышать площадь малого поршня гидравлической машины, предназначенной для подъема автомобиля массой порядка 1,5 т. Машину использует человек, способный поднять груз массой 75 кг.

? Ответьте на вопросы

1. Почему гидравлическую машину заполняют минеральным маслом, а не водой?
2. Почему при использовании гидравлической машины выигрыш в силе всегда меньше отношения площадей его поршней?

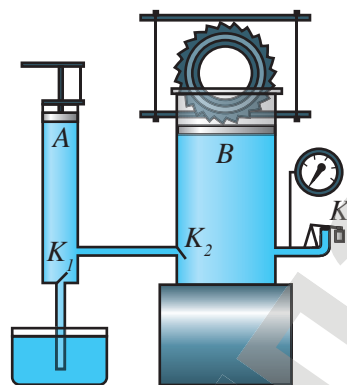


Рис. 96. Управление движением жидкости клапанами

Ответьте на вопрос

Почему предохранительный клапан K_3 устанавливают в большом цилиндре гидравлического пресса, а не в малом?

При подъеме малого поршня A клапан K_1 открывается, масло заполняет пространство под малым поршнем, в этот момент клапан K_2 закрыт под давлением масла в большом цилиндре. При опускании поршня под давлением клапан K_1 закрывается, а клапан K_2 открывается. Масло перекачивается в большой цилиндр. Для возобновления работы пресса излишек масла в большом цилиндре нужно спустить через специальный клапан K_3 в емкость с минеральным маслом.

Контрольные вопросы

1. Как устроена гидравлическая машина?
2. Каково назначение гидравлической машины?
3. Какой выигрыш в силе дает гидравлическая машина?
4. Для чего необходима система клапанов в гидравлическом прессе?
5. Почему при использовании гидравлической машины для подъема груза необходимо многократно приложить силу к малому поршню?

Задание

Докажите, что отношение сил, приложенных к поршням пресса, обратно пропорционально отношению их перемещений. При доказательстве учтите, что жидкость несжимаема, объем – величина постоянная.

★ Упражнение 23

1. Поршень гидравлического пресса площадью 180 см^2 действует на масло с силой 18 кН . Площадь малого поршня – 4 см^2 . С какой силой действует меньший поршень на масло в прессе?
2. Малый поршень гидравлического пресса площадью 2 см^2 под действием силы опустился на 16 см . Площадь большого поршня – 8 см^2 . Определите вес груза, поднятого поршнем, если на малый поршень действовала сила 200 Н . На какую высоту поднят груз?

Упражнение 23д

1. Площадь поперечного сечения меньшего поршня гидравлического пресса равна 10 см^2 , и на него действует сила 200 Н . Площадь большего поршня – 200 см^2 . Какая сила действует на больший поршень?
2. Малый поршень гидравлического пресса под действием силы, равной 500 Н , опустился на 15 см . При этом большой поршень поднялся на 5 см . Какая сила действует на большой поршень?
3. Объясните принцип действия гидравлического домкрата, гидравлического пресса, гидравлического тормоза.

Творческие задания

1. Изучите принцип действия гидравлического тормоза (рис. 97) и гидравлического домкрата (рис. 98).
2. Изготовьте модель гидравлической машины из подручного материала.

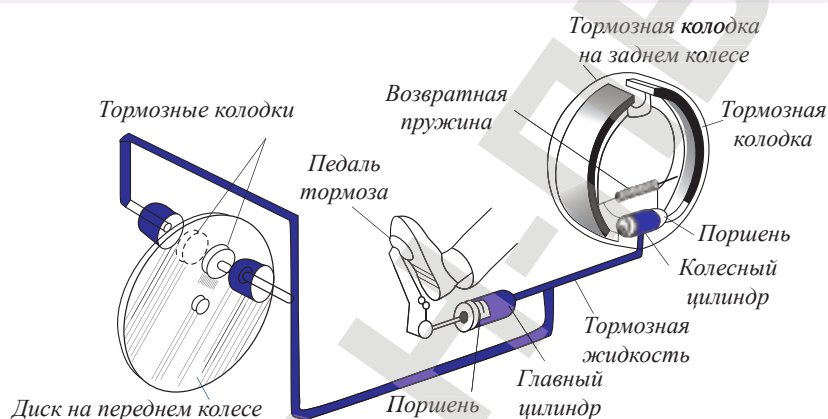


Рис. 97. Схема автомобильного гидравлического тормоза

▼ Рис. 98. Домкраты



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- объяснить причину атмосферного давления, опыт Э. Торричелли;
- называть основные части барометра-анероида и объяснить принцип его действия;
- определить атмосферное давление с использованием барометра-анероида;
- перевести единицы измерения в СИ;
- рассчитать высоту подъема по изменению атмосферного давления;
- назвать значение нормального атмосферного давления.

§ 26. Атмосферное давление, измерение атмосферного давления

I. Атмосфера. Атмосферное давление

Мы живем на дне воздушного океана, глубина которого достигает десятка тысяч километров. В таком океане огромных размеров нельзя пренебрегать весовым давлением воздуха.

Воздушную оболочку Земли называют атмосферой.

Атмосферные слои у поверхности Земли обладают наибольшей плотностью. С высотой плотность воздуха уменьшается (рис. 99).

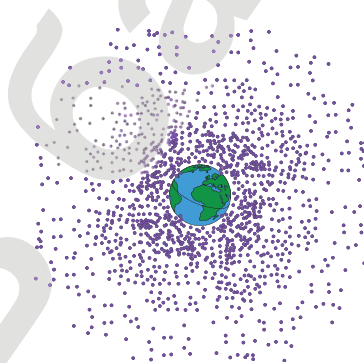


Рис. 99. Плотность атмосферы с высотой уменьшается

Следовательно, давление воздуха у поверхности Земли имеет максимальное значение, с высотой давление уменьшается.

Атмосферное давление – давление атмосферы на поверхность Земли и на тела, находящиеся внутри воздушной оболочки.

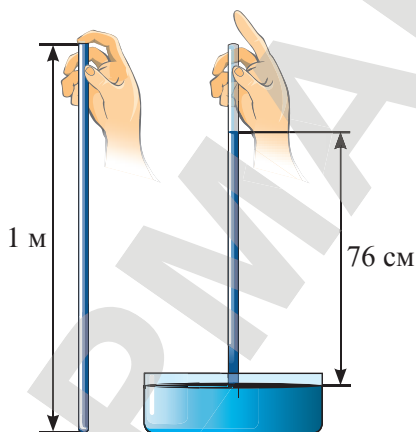


Рис. 100. Измерение атмосферного давления

II. Опыт Торричелли. Ртутный барометр

Рассчитать давление воздуха так же, как давление в жидкости, невозможно по двум основным причинам: у атмосферы нет определенной границы, ее плотность с высотой меняется. Впервые измерить атмосферное давление удалось итальянскому ученому Эванджелиста Торричелли.

Наполнив трубку длиной 1 м ртутью, он опустил ее открытым концом в чашу со ртутью. Часть ртути вылилась в чашу, а часть осталась в трубке. Высота оставшейся ртути в проведенных опытах была всегда близка значению 76 см (рис. 100).

Э. Торричелли дал следующее объяснение опыту. Атмосфера давит на поверхность ртути в чаше. Ртуть находится в равновесии. Значит, по закону Паскаля, давление в трубке на уровне ртути в чаше равно атмосферному давлению. В верхней части трубки воздуха нет, поэтому давление в трубке создается только ртутью. Отсюда следует, что атмосферное давление равно давлению столба ртути в трубке:

$$p_{\text{атм}} = \rho_{\text{рт}} \cdot g h_{\text{рт}}.$$

Наблюдая за ртутным столбом в трубке, Торричелли обнаружил, что его высота может меняться. Он заметил, что изменение давления связано с изменением погоды.

Опытная установка Торричелли в дальнейшем использовалась как измерительный прибор для определения атмосферного давления (рис. 101).

Прибор получил название *ртутный барометр* (от греч. *baros* – тяжесть, *metro* – измеряю). Шкала прибора градуируется в мм или см.

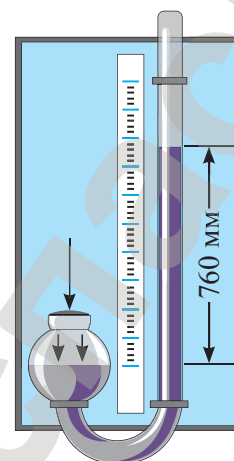


Рис. 101. Ртутный барометр

Барометр – прибор для измерения атмосферного давления.

III. Единицы измерения атмосферного давления

Измерять атмосферное давление при использовании ртутного барометра удобно в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). В Международной системе единиц давление измеряется в паскалях.

Найдем соотношение между единицами измерения. Определим давление ртути высотой 1 мм.

$$p = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,001 \text{ м} \approx 133,3 \text{ Па}.$$

Таким образом, связь единиц измерения давления, получивших практическое применение, следующая:

$$1 \text{ мм рт. ст.} \approx 133,3 \text{ Па}.$$

IV. Барометр–анероид

Ртутный барометр громоздкий, он неудобен в использовании. Пары ртути причиняют вред здоровью человека. В связи с этим широкое применение в жизни получил барометр-анероид (от греч. *aneroid* – безжидкостный). Ртутные барометры используются на метеорологических станциях.

Основная часть барометра-анероида – это гофрированная коробка (1), из которой выкачан воздух (рис. 102). Крышка коробки крепится к упругой пластине (2). Изменение объема



Эванджелиста Торричелли (1608–1647) – итальянский математик и физик, написал собственное сочинение под названием «Трактат о движении», впервые доказал существование атмосферного давления и сконструировал барометр.

Запомните!

1 мм рт. ст. \approx 133,3 Па.

**Задание**

Определите, сколько паскалей содержится в 5 мм рт. ст., в 1 см рт. ст.

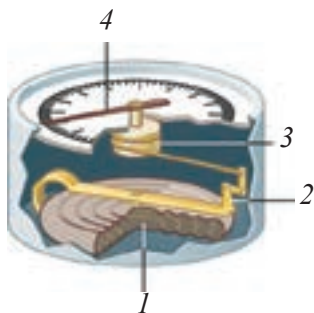


Рис. 102. Устройство барометра-анероида



Рис. 103. Барометр-анероид

**Задание**

Определите, насколько уменьшится атмосферное давление при подъеме на высоту 220 м. Выразите полученный результат в паскалях.

коробки при изменении атмосферного давления через пластину и передаточный механизм (3) приводит в движение стрелку (4) барометра. Шкала барометра-анероида градуируется по показаниям ртутного барометра. Как правило, на шкалу барометра-анероида наносятся значения давления в мм рт. ст. и в гПа (рис. 103).

Барометр-анероид – это безжидкостный барометр, действие которого основано на измерении упругих деформаций металлического сосуда, из которого откачан воздух, под воздействием атмосферного давления.

V. Атмосферное давление на различных высотах

Измерения атмосферного давления на различных высотах впервые проводились **Блезом Паскалем**. Чем выше он совершал подъем с ртутным барометром Торричелли, тем меньшее значение показывал прибор.

Дальнейшие исследования и расчеты физиков показали, что при подъеме на 8 м давление атмосферы уменьшается на 1 гПа.

Выражая давление в мм рт. ст., получим следующее соотношение: давление атмосферы уменьшается на 1 мм рт. ст. при подъеме на высоту около 11 м.

Это соотношение можно использовать только вблизи поверхности Земли в том случае, когда не требуется большой точности расчетов. За уровень, относительно которого ведется отсчет измерения давления, принят уровень моря. Измерения давления в местностях, лежащих на уровне моря, показали, что в среднем давление равно 760 мм рт. ст. (рис. 104)

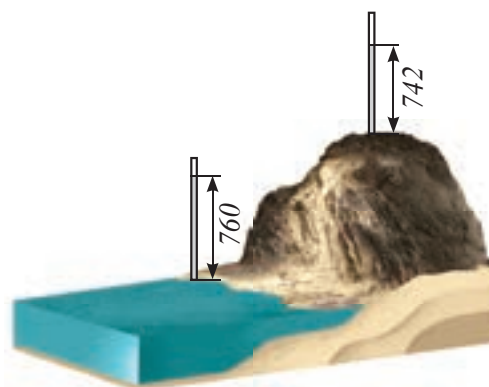


Рис. 104. Нормальное давление на уровне моря составляет 760 мм рт. ст.

Это значение называют нормальным атмосферным давлением.

Нормальным атмосферным давлением называют атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0°C.

Выразим нормальное атмосферное давление в Па:
 760 мм рт. ст. $\approx 760 \cdot 133,3 \text{ Па} \approx 101\,300 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$.
 760 мм рт. ст. $\approx 1013 \text{ гПа} \approx 10^3 \text{ гПа}$.

Установлено, что при нормальном атмосферном давлении (при температуре 0°C) плотность воздуха:

$$\rho = 1,29 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}.$$

VI. Высотомер

Барометр-анероид, имеющий шкалу высот, называется *высотомером*, или *альтиметром* (рис. 105).

Их используют в авиации для контроля высоты полета. Без альтиметра не обходится ни один полет парашютиста. Для удобства пользования созданы альтиметры с цифровым дисплеем.

! Запомните!

760 мм рт. ст.
 при 0°C – нормальное атмосферное давление.

760 мм рт. ст. $\approx 10^5 \text{ Па}$;
 760 мм рт. ст. $\approx 10^3 \text{ гПа}$.



Рис. 105. Альтиметры

ПРИМЕР

Определите высоту горы над уровнем моря, если показание ртутного барометра на ее вершине равно 660 мм рт. ст. Считайте давление на уровне моря равным 760 мм рт. ст.

Дано:

$$p_1 = 660 \text{ мм рт. ст.}$$

$$p_2 = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

$$h = ?$$

Решение:

Определим разность атмосферных давлений на уровне моря и на вершине горы:

$$\Delta p = p_2 - p_1.$$

$$\Delta p = 760 \text{ мм рт. ст.} - 660 \text{ мм рт. ст.} = 100 \text{ мм рт. ст.}$$

Атмосферное давление изменяется на 1 мм рт. ст. при подъеме на высоту 11 м.

Составим пропорцию:

$$1 \text{ мм рт. ст.} - 11 \text{ м.}$$

$$100 \text{ мм рт. ст.} - h.$$

Из составленной пропорции следует:

$$h = \frac{100 \text{ мм рт. ст.} \cdot 11 \text{ м}}{1 \text{ мм рт. ст.}} = 1100 \text{ м.}$$

Ответ: $h = 1100 \text{ м.}$

Контрольные вопросы

1. Что называют атмосферным давлением?
2. Как Торричелли определил давление атмосферы?
3. Как перевести мм рт. ст. в Па?
4. Назовите прибор, служащий для измерения атмосферного давления.
5. Поясните принцип действия барометра-анероида.
6. Какая связь установлена между значением атмосферного давления и высотой подъема?
7. Какое давление называют нормальным атмосферным давлением?
8. Чем отличается высотомер от барометра?



Рис. 106. Водяной барометр

▼ Пик Талгар главного хребта Илейского Алатау.

★ Упражнение 24

1. Определите массу воздуха в комнате размером $4 \times 5 \times 3$ м при нормальном атмосферном давлении.
2. Рассчитайте высоту столба воды в водяном барометре, который Б. Паскаль использовал в г. Руане (рис. 106). Атмосферное давление считать нормальным.
3. У подножия горы барометр показывает 98 642 Па, а на ее вершине – 90 317 Па. Определите высоту горы. Почему высоко в горах действия суставов человека нарушаются, конечности «плохо слушаются», легко подвергаются вывихам?
4. Определите глубину расположения станции «Абай» Алматинского метрополитена, если барометр на поверхности земли показывает 740 мм рт. ст., а на глубине станции – 747 мм рт. ст. Какие экологические проблемы может вызвать строительство метрополитена?
5. Определите давление атмосферы на вершине пика Талгар, высота которого составляет 4973 м над уровнем моря.

Упражнение 24д

1. Определите глубину шахты, если на дне ее барометр показывает 109 297 Па, а на поверхности Земли – 103 965 Па.
2. Чтобы доказать существование атмосферного давления, Отто Герике в 1654 г. в Магдебурге провел опыт: выкачал воздух из полости между двумя металлическими полушариями, сложенными вместе (рис. 107). Восемь пар лошадей не могли разорвать полушария, настолько велика сила давления атмосферы. Вычислите значение силы давления на магдебургские полушария площадью 2800 см² при нормальном атмосферном давлении.
3. Определите массу воздушной оболочки Земли. Радиус Земли $R = 6400$ км, атмосферное давление у поверхности Земли – 10^5 Па.
4. На шахте им. И.А. Костенко, расположенной в г. Караганды, горные работы ведутся на глубине более 840 м. Определите атмосферное давление на этой глубине.

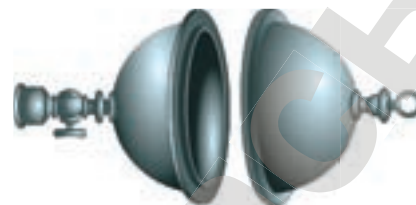


Рис. 107. Магдебургские полушария



▲ Отбойный молоток – это специальный инструмент для разрушения твердых поверхностей. На угольных шахтах Караганды.

Экспериментальные задания

1. Погрузите стакан в воду, переверните его и медленно вытаскивайте из воды. Объясните, почему уровень воды в стакане выше, чем в сосуде с водой.
2. Налейте воду в стакан, накройте листом бумаги, плотно прижмите к стакану и, придерживая рукой, переверните. Уберите руку, объясните, почему вода из стакана не выливается.
3. Рассчитайте силу, с которой воздух давит на площадь раскрытой перед вами тетради.

Творческие задания

1. Изучите состав, плотность, давление атмосферы на планетах Солнечной системы. На какой планете человек может находиться без скафандра?
2. Подготовьте сообщение о приборе, принцип действия которого основан на существовании атмосферного давления. Приборы могут быть как промышленного изготовления, так и самодельные (пипетка, шприц, автопоилка, вантуз, присоска и т.д.).

Ответьте на вопросы

1. Почему можно уравновесить давление атмосферы, высота которой достигает десятков тысяч километров, столбом ртути около 760 мм?
2. Почему воздушный шарик, наполненный гелием, при подъеме на большую высоту увеличивается в объеме?
3. Почему в кабине космического корабля, находящегося в космическом пространстве, за пределами атмосферы, давление воздуха остается равным атмосферному?
4. Какие газы входят в состав земной атмосферы? Какой из них вызывает «парниковый эффект», в чем он проявляется, каковы последствия?

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать основные части жидкостного и металлического манометров;
- объяснить принцип их действия;
- определить цену деления манометров и их показания;
- перевести в СИ значение давления;
- рассчитать давление в замкнутом сосуде по показанию манометра;
- объяснить принцип действия поршневого насоса.



Рис. 108. Металлический манометр

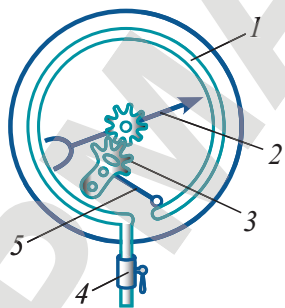


Рис. 109. Устройство металлического манометра

§ 27. Манометры, насосы

I. Преимущество сжатого воздуха

Сжатый воздух обладает свойством упругости, словно сжатая пружина. Это свойство используется в работе пневматических устройств и механизмов. Пневматические устройства используют для автоматизации производства. Сжатым газом легко управлять, используя систему клапанов. Для того чтобы сжать газ или воздух, используют компрессор.

О том, насколько сильно сжат воздух, можно судить по манометру (от греч. *manos* – редкий, неплотный и *metro* – измеряю).

II. Манометр металлический

Манометры бывают жидкостные и металлические. В пневматических устройствах используются металлические манометры (рис. 108).

Рассмотрим устройство и принцип их действия (рис. 109). Основной частью прибора является согнутая металлическая трубка (1). Один конец трубки закрыт, второй конец посредством крана (4) соединяется с сосудом, заполненным газом.

При увеличении давления газа в сосуде трубка распрямляется, при уменьшении давления сгибается. Чем сильнее изменение давления газа в сосуде в сравнении с атмосферным, тем сильнее деформация трубки.

Движение трубки через рычаг (5) и зубчатую систему передачи (3) приводит в движение стрелку прибора (2). Стрелка указывает нулевое значение на шкале прибора, если давление газа внутри емкости равно атмосферному давлению.

Манометр – прибор для измерения давлений, больших или меньших атмосферного давления.

III. Определение показания металлического манометра и давление внутри сосуда с газом

По показанию манометра можно определить, насколько давление газа в сосуде больше или меньше атмосферного. Шкала прибора градуируется в зависимости от назначения прибора в гПа, кПа, МПа, $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$.

Переведем внесистемную единицу измерения давления $1 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$ в паскали:

$$1 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{10^{-4} \text{м}^2} = 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 10^4 \text{Па},$$

следовательно:

$$10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 10^5 \text{Па}.$$

Для определения давления внутри сосуда необходимо к показанию манометра прибавить атмосферное давление. Если атмосферное давление принять равным 10^5Па , а показание стрелки равно $2 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$, то давление газа в сосуде составит:

$$2 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} + 10 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 12 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1,2 \cdot 10^5 \text{Па}.$$

Давление превышает атмосферное в 1,2 раза. Если показание стрелки равно $10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$, то давление газа в сосуде превышает атмосферное в два раза.

На шкале манометра, предназначенного для измерения давлений, меньших атмосферного, указаны отрицательные значения (рис. 110).

Для определения давления внутри сосуда с помощью такого прибора необходимо от атмосферного давления отнять показание прибора.

IV. Жидкостный манометр

Жидкостный манометр представляет собой U-образную стеклянную трубку, в которую налита жидкость с известной плотностью. Один конец трубки соединяют резиновой трубкой с сосудом, заполненным газом. Если давление газа в сосуде больше атмосферного, то уровень жидкости в колене, соединенном с сосудом, понизится (рис. 111).



Рис. 110. Манометр для измерения давлений ниже атмосферного

✓ Возьмите на заметку!

Технические единицы измерения давления газа:

$$10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 10^5 \text{Па};$$

$$1 \text{ атм.} = 10^5 \text{Па}.$$

↻ Задание

Выразите давление

$$75 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

в атмосферах и паскалях.

↻ Задание

Рассчитайте давление в сосуде, если показание манометра равно:

1. 1,4 МПа;
2. –2 МПа.

Выразите полученные результаты в атмосферах.

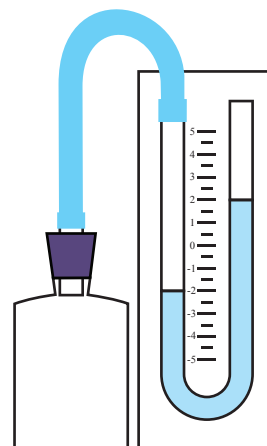


Рис. 111. Жидкостный манометр

Задание

Определите разность давлений: атмосферного и газа в сосуде, если разность уровней в манометре составляет 10 см, манометр заполнен водой.

Как определить давление в сосуде больше или меньше атмосферного?

Если давление газа в сосуде меньше атмосферного, то уровень свободной поверхности в колене повысится.

V. Определение показания жидкостного манометра

На *рис. 111* мы видим, что разность уровней свободных поверхностей в манометре составляет 4 см. Если манометр заполнен ртутью, то избыточное давление в сосуде можно рассчитать как давление этого столба ртути.

$$\Delta p = \rho_{\text{рт}} g h_{\text{рт}}$$

$$\Delta p = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,04 \text{ м} = 5440 \text{ Па.}$$

Следовательно, давление газа в сосуде равно:

$$p_{\text{г}} = p_{\text{атм}} + \Delta p,$$

где $p_{\text{г}}$ – давление газа; $p_{\text{атм}}$ – давление атмосферы; Δp – давление разности столбов жидкости в коленах манометра.

$$p_{\text{г}} = 101300 \text{ Па} + 5440 \text{ Па} = 106740 \text{ Па.}$$

VI. Поршневые жидкостные насосы с воздушной камерой

Опыт Торричелли показал, что под воздействием атмосферного давления можно поднять столб ртути на высоту 76 см. В барометре Паскаля вода поднялась на высоту около 10,3 м, следовательно в поршневых насосах, работающих на атмосферном давлении, поднять воду выше 10,3 м невозможно (*рис. 112, а*). Поршневые насосы с воздушной камерой позволяют поднять воду на большую высоту. Они работают на сжатом воздухе. Давление воздуха в камере насоса может превышать атмосферное давление в несколько раз (*рис. 112, б*).

Напор и высота подъема жидкости зависит от быстроты движения поршня в цилиндре, скорости поступления воды в воздушную камеру.

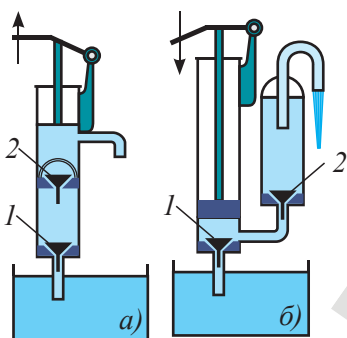


Рис. 112. Поршневые насосы

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены манометры?
2. Каков принцип действия металлического манометра, жидкостного манометра?
3. Как рассчитать давление газа в сосуде с использованием жидкостного манометра?
4. На какую высоту можно поднять воду, используя поршневой насос?

★ Упражнение 25

1. Изучите по *рис. 112* устройство поршневых насосов. Каково назначение клапанов 1 и 2 в этих насосах? Почему поршневой насос без воздушной камеры не может поднять воду выше, чем 10,3 м? На какую высоту поднимется вода, если давление в воздушной камере поршневого насоса превышает атмосферное в три раза?
2. Давление газа в сосуде составляет $8 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$. Переведите значение давления в Па, гПа, кПа.
3. Определите цену деления металлического манометра, изображенного на *рис. 108*. Какое давление создает газ в сосуде, если стрелка укажет значение 0,8 МПа. Ответ запишите в системе СИ.

🏠 Упражнение 25д

1. Будут ли свободные поверхности жидкости расположены на одном уровне в жидкостном манометре, если давление газа в сосуде, соединенном с ним, равно атмосферному давлению?
2. Давление газа в сосуде составляет $2 \cdot 10^5$ Па. Переведите значение давления в МПа, $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$.
3. Определите цену деления металлического манометра, изображенного на *рис. 110*. Какое давление создает газ в сосуде, если стрелка укажет значение –40 кПа. Ответ запишите в системе СИ.

Экспериментальное задание

Из подручного материала изготовьте жидкостный манометр. Продумайте способ определения давления воздуха внутри надутго воздушного шарика. Объясните полученный результат.

❓ Ответьте на вопросы

1. Почему при увеличении давления трубка металлического манометра распрямляется?
2. Почему чувствительность манометра, заполненного водой, больше, чем у манометра, заполненного ртутью?
3. Почему поршень насоса должен плотно прилегать к стенкам цилиндра?
4. С какой целью в нефтеносный слой закачивают воздух? Почему эксплуатация нефтяных скважин – дело сложное и ответственное?

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- объяснить причину возникновения силы Архимеда в жидкостях и газах;
- сформулировать закон Архимеда;
- рассчитать силу Архимеда, определить вес тела, погруженного в жидкость;
- перевести единицы измерения величин в СИ;
- вывести формулу и определить плотность тел гидростатическим взвешиванием.

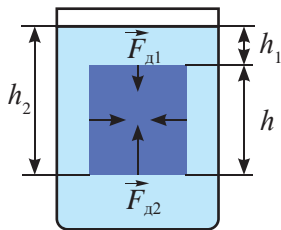


Рис. 113. Силы давления на различные грани погруженного в жидкость тела

§ 28. Выталкивающая сила**I. Действие жидкости и газа на погруженное в них тело**

Давление в жидкости с глубиной возрастает. Жидкость оказывает различное давление на нижнюю, верхнюю и боковую поверхность тела. Определим силу давления, действующую на погруженное в жидкость тело снизу, сверху и сбоку (рис. 113).

Силы, действующие на боковые грани, равны, но противоположны по направлению, они сжимают тело. Сила давления на нижнюю грань определяется столбом жидкости высотой h_2 :

$$F_{д2} = \rho_{ж} g h_2 S,$$

на верхнюю грань высотой h_1 :

$$F_{д1} = \rho_{ж} g h_1 S,$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; S – площадь грани.

Равнодействующая этих сил равна:

$$F = F_{д2} - F_{д1} = \rho_{ж} g S (h_2 - h_1).$$

Учитывая, что высота тела $h = h_2 - h_1$ и объем параллелепипеда $V_T = S \cdot h$, запишем:

$$F = \rho_{ж} g V_T.$$

Равнодействующая сил давления на верхнюю и нижнюю грань тела направлена вверх. Ее принято называть *выталкивающей силой*:

$$F_{выт} = \rho_{ж} g V_T.$$

Именно эта сила позволяет плавать на бревне, которое на берегу было неподъемным. Эта сила выталкивает мяч, который мы тщетно пытаемся целиком погрузить в воду. Действие выталкивающей силы можно наблюдать и в газах. Под действием выталкивающей силы воздушный шарик, наполненный гелием, поднимается ввысь.

II. Сила Архимеда. Закон Архимеда

Силу, выталкивающую тело из жидкости или газа, называют силой Архимеда в честь древнегреческого ученого. Определяя по просьбе царя Гиерона, из чистого ли золота сделана корона, Архимед рассчитал значение выталкивающей силы.

Ученый пришел к выводу, что выталкивающая сила равна весу жидкости в объеме короны.

$$F_A = P_{ж}.$$

$P_{ж} = \rho_{ж} g V_T$, следовательно:

$$F_A = \rho_{ж} g V_T.$$

В результате действия на тело выталкивающей силы вес тела в жидкости или газе становится меньше веса в вакууме на значение силы Архимеда:

? Ответьте на вопросы

1. Почему равнодействующая сил давления на боковые грани тела, погруженного в жидкость или газ, равна 0?
2. Почему в морской воде плавать легче, чем в речной воде?
3. Почему в искусственных спутниках Земли закон Архимеда не выполняется?

$$P = P_0 - F_A,$$

где P – вес тела в жидкости или газе; P_0 – вес тела в вакууме.

Закон Архимеда заключается в том, что:

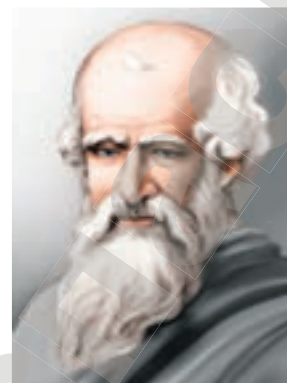
Тело, погруженное в жидкость или газ, теряет в своем весе столько, сколько весит жидкость или газ в объеме этого тела.

Сила Архимеда равна весу жидкости или газа в объеме погруженного тела.



Запомните!

*сила Архимеда = плотность
жидкости $\times 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ \times объем
погруженной части тела*



Архимед (287–212 гг. до н.э.) – великий древнегреческий математик, физик, механик и инженер из Сиракуз. Сделал множество открытий в геометрии. Заложил основы механики и гидростатики, автор ряда практически важных изобретений.

III. Опытная проверка закона Архимеда

Для проверки закона используем прибор «ведерко Архимеда». Подвесим к пружине с указателем ведро и цилиндрическое тело равных объемов (рис. 114, а). Отметим положение указателя. Затем опустим тело в отливной сосуд, заполненный водой, до уровня носика. Тело вытеснит воду (рис. 114, б), при этом указатель пружины покажет уменьшение веса груза. Вытесненную воду нальем в ведро. Указатель вернется в исходное положение (рис. 114, в).

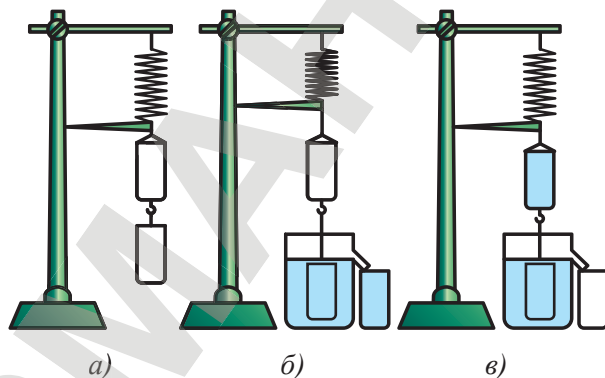


Рис. 114. Опыт с «ведерком Архимеда»

Следовательно, выталкивающая сила, которая привела к уменьшению веса груза, и вес вытесненной воды равны. Закон Архимеда подтвержден.

IV. Определение плотности тел методом гидростатического взвешивания

Если плотность тела, изготовленного из различных веществ, превышает плотность воды, то удобнее определять его плотность гидростатическим взвешиванием. Получим расчетную формулу для этого метода, используя формулу для определения силы Архимеда.

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{т}}.$$

Выразим объем тела через его вес, так как

$$P_0 = \rho_{\text{т}} g V_{\text{т}}, \text{ то } V_{\text{т}} = \frac{P_0}{\rho_{\text{т}} g}.$$

Подставим полученное выражение в формулу расчета силы Архимеда:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g \frac{P_0}{\rho_{\text{т}} g} = \rho_{\text{ж}} \frac{P_0}{\rho_{\text{т}}}.$$

Вес тела в воде уменьшается на значение силы Архимеда:

$$P = P_0 - F_A = P_0 - P_0 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}}.$$

Выполним математическое преобразование:

$$P_0 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}} = P_0 - P.$$

Получим формулу расчета плотности тела:

$$\rho_{\text{т}} = \frac{P_0}{P_0 - P} \rho_{\text{ж}},$$

где P – вес тела в жидкости или газе; P_0 – вес тела в вакууме (воздухе); $\rho_{\text{т}}$ – плотность тела; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости.

Эксперимент в классе

Определите методом гидростатического взвешивания плотности веществ трех сплошных тел. При измерении веса тела в воде проследите, чтобы оно полностью погрузилось в жидкость.

Сравните полученный результат с плотностью веществ, данных в таблице плотностей. Оцените точность своих измерений.

Контрольные вопросы

1. Какова причина возникновения выталкивающей силы?
2. Чему равна сила Архимеда?
3. От каких величин зависит сила Архимеда?
4. На какое значение изменяется вес тела при его погружении в жидкость (газ)?

★ Упражнение 26

1. Одинаковы ли выталкивающие силы, действующие в воде на гранитный брусок объемом 200 см^3 и на железный предмет такого же объема?
2. Гранитный камень объемом 10 дм^3 лежит на дне реки. Какую силу нужно приложить, чтобы поднять его в воде, в воздухе? Плотность гранита примите равной 3 г/см^3 .
3. Диаметр поперечного сечения атомной подводной лодки составляет 10 м . Определите разницу в давлениях воды на дно и палубу лодки при ее полном погружении в море? В чем преимущества и недостатки атомных подводных лодок?



▲ Патрульный катер

🏠 Упражнение 26д

1. На заводе «Зенит» в Уральске в 2006 году был построен первый патрульный катер проекта «Барс». Определите выталкивающую силу, действующую на катер, если подводная часть его составляет 220 м^3 .
2. Железобетонная плита размером $3,5 \times 1,5 \times 0,2 \text{ м}$ полностью погружена в воду. Вычислите архимедову силу, действующую на плиту.
3. Определите показания пружинных весов при взвешивании в воде тел объемом 100 см^3 из алюминия, железа, меди, свинца.



Творческое задание

В дополнительной литературе найдите легенду о короне царя Гиерона. Решите задачу Архимеда, предположив, что корона в воздухе весит 20 Н , а в воде – $18,75 \text{ Н}$. Считая, что в корону подмешено только серебро, определите в ней массу золота и серебра. Примите значение плотности золота равным $20\,000 \text{ кг/м}^3$, плотность серебра – $10\,000 \text{ кг/м}^3$.



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- определить объем тела, вес в воздухе, силу Архимеда, объем погруженной части тела, плавающего на поверхности жидкости;
- сравнить результаты измерений веса тела и вычислений силы Архимеда при полном погружении тела в жидкость;
- сформулировать условия плавания тел в жидкостях и газах;
- сравнить значение веса тела и силы Архимеда в случае, когда тело плавает на поверхности жидкости.

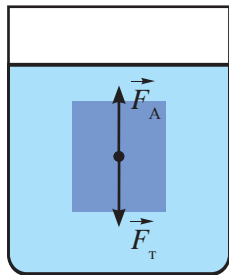


Рис. 115. При $F_A = F_T$ тело плавает внутри жидкости

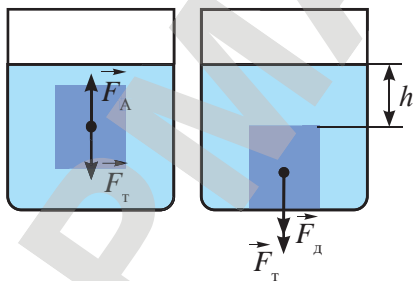


Рис. 116. При $F_T > F_A$ тело тонет

§ 29. Условия плавания тел

На тело, погруженное в жидкость, действуют сила тяжести и сила Архимеда. Будет тело всплывать, тонуть или плавать внутри жидкости, зависит от соотношения этих сил.

I. Тело плавает внутри жидкости

Если сила тяжести равна силе Архимеда $F_A = F_T$, то тело может находиться в равновесии в любой точке жидкости (рис. 115).

В этом случае плотность тела равна плотности жидкости:

$$\rho_T = \rho_{ж}.$$

Докажем это. Тело находится в равновесии в том случае, если силы, действующие на него, равны: $F_A = F_T$ или

$$\rho_{ж} g V_T = \rho_T g V_T,$$

сокращая равные величины, получим:

$$\rho_{ж} = \rho_T.$$

II. Тело тонет

Если сила тяжести больше, чем сила Архимеда $F_T > F_A$, то тело тонет (рис. 116).

В этом случае плотность тела больше, чем плотность жидкости: $\rho_T > \rho_{ж}$.

Если утонувшее тело плотно ляжет на дно, то на тело сила Архимеда действовать не будет. Вода не сможет проникнуть между поверхностями соприкосновения тела и дна сосуда. Давление на нижнюю грань исчезнет. На тело будут действовать сила тяжести и сила давления воды высотой h (рис. 116).

III. Тело всплывает

Если сила тяжести при полном погружении тела меньше выталкивающей силы $F_T < F_A$, то тело всплывает (рис. 117).

Оно будет всплывать до тех пор, пока сила Архимеда не уменьшится до значения силы тяжести:

$$F_A = F_T.$$

Уменьшение силы Архимеда происходит за счет уменьшения той части объема тела, которая погружена в жидкость $V_{п.ч.}$:

$$F_A = \rho_{ж} g V_{п.ч.}$$

Всплывают все тела, плотность которых меньше плотности жидкости:

$$\rho_T < \rho_{ж}.$$

IV. Расчет объема погруженной части плавающих на поверхности жидкости тел

Чем больше плотность тела, тем глубже оно погружается в жидкость. Найдем соотношение плотностей и объемов для тела и вытесненной этим телом жидкости. Запишем условие плавания тел на поверхности жидкости:

$$F_A = F_T, \text{ или}$$

$$\rho_{\text{ж}} g V_{\text{п.ч.}} = \rho_{\text{т}} g V_{\text{т.}}$$

Следовательно:

$$\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}} = \frac{V_{\text{т.}}}{V_{\text{п.ч.}}}$$

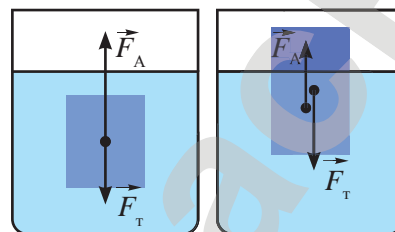


Рис. 117. При $F_T < F_A$ тело всплывает

▼ Посмотрите иллюстрацию. Подумайте и ответьте на следующие вопросы. При выполнении какого равенства дельфин плавает в толще воды, а при каком всплывает на поверхность?





▲ Бытовые ареометры для различных веществ.

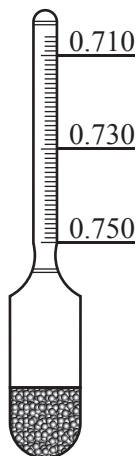


Рис. 118. Ареометр

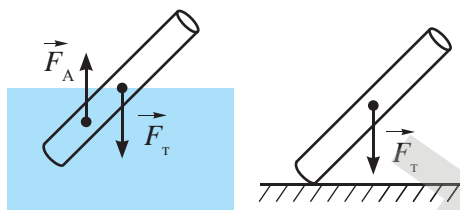


Рис. 119. Сила Архимеда приложена к центру масс погруженной части тела

Если соотношение плотностей равно $\frac{\rho_{ж}}{\rho_{т}} = \frac{1}{2}$, то объем погруженной части составляет половину объема тела.

Если соотношение плотностей равно $\frac{\rho_{ж}}{\rho_{т}} = \frac{1}{4}$, то

$$V_{п.ч.} = \frac{1}{4} V_{т.}$$

V. Ареометр

Зависимость глубины погружения от соотношения плотностей тела и жидкости используется в ареометрах (рис. 118).

Прибор изобретен в 1768 г. французским химиком Антуаном Боме. Ареометры XVIII века были очень похожи на современные. Они чаще всего изготавливались из стекла. В шарообразную часть помещали небольшое количество дробин или ртути, в верхней части располагали полоску бумаги со шкалой. Как правило, деления были предназначены для жидкостей, плотность которых меньше или больше, чем у воды. На рис. 118 изображен ареометр для измерения плотности жидкостей от 0,71 г/см³ до 0,75 г/см³. Ареометры используют для определения жирности молока (лактометр), процентного содержания соли, сахара в растворе.

VI. Точка приложения силы Архимеда

Действие силы зависит не только от ее величины и направления, но и от точки приложения. Сила Архимеда приложена не к центру масс тела, как сила тяжести, а к центру масс погруженной части тела (рис. 119). Этим объясняется обычная для нас картина: бревна плывут в горизонтальном положении. Для того чтобы в воде удержать бревно в вертикальном положении, нужно приложить большее усилие, чем на суше. Под действием пары сил: силы тяжести и силы Архимеда бревно в воде принимает горизонтальное положение. На суше это происходит только под действием силы тяжести, сила Архимеда в воздухе незначительна.



Если тело полностью находится внутри воды, то точки приложения силы тяжести и силы Архимеда совпадают. Тело внутри жидкости может плавать в любом положении без особых усилий. Морские животные: тюлени, моржи, неуклюжие на суше, грациозны в своих движениях под водой.

VII. Расположение несмешивающихся жидкостей в сосуде

Если в сосуд налить несмешивающиеся жидкости разной плотности, то они расположатся слоями (рис. 120). При этом более плотная жидкость займет нижний слой, менее плотная жидкость верхний слой: $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$. Происходит это под воздействием выталкивающей силы.

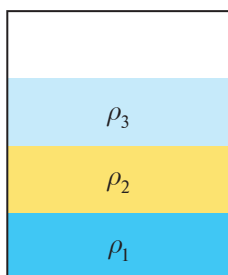


Рис. 120. Несмешивающиеся жидкости располагаются слоями



▲ Рассмотрите иллюстрацию любопытного эксперимента, основанного на изученном в этом параграфе.

? Ответьте на вопросы

1. Почему уровень воды в сосуде с водой не повышается при таянии плавающего в нем большого куска льда?
2. Почему лед тонет в бензине?
3. Почему невозможно потушить керосин водой?
4. Почему плавает большое судно, а гвоздь, упавший в воду, тонет?
5. Почему морские животные не нуждаются в прочных скелетах?
6. Почему перевозки нефтепродуктов морским путем создают угрозу загрязнения вод?
7. На каком физическом явлении основано действие отстойников для очистки воды? Достаточно ли этого способа очистки? Назовите местные источники загрязнения воды.



ПРИМЕР

Мальчик, масса которого 40 кг, держится на воде. Та часть тела, которая находится над поверхностью воды, имеет объем 2 дм³. Определите объем всего тела мальчика и его плотность.

Дано:

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$V = 2 \text{ дм}^3$$

$$\rho_{\text{ж}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

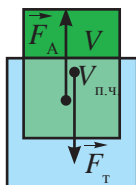
$$V_{\text{т}} - ?$$

$$\rho_{\text{т}} - ?$$

СИ

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Решение:



Объем тела $V_{\text{т}}$ равен сумме подводной и надводной части:

$$V_{\text{т}} = V + V_{\text{п.ч.}}$$

Условие плавания на поверхности жидкости:

$$F_{\text{т}} = F_{\text{А}} \text{ или } mg = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{п.ч.}}$$

Выразим $V_{\text{п.ч.}}$:

$$V_{\text{п.ч.}} = \frac{m}{\rho_{\text{ж}}}.$$

Запишем формулу расчета объема тела:

$$V_{\text{т}} = V + \frac{m}{\rho_{\text{ж}}}.$$

Плотность тела определим по формуле:

$$\rho_{\text{т}} = \frac{m}{V_{\text{т}}}.$$

$$V_{\text{т}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + \frac{40 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 0,042 \text{ м}^3.$$

$$\rho_{\text{т}} = \frac{40 \text{ кг}}{0,042 \text{ м}^3} = 952 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$\text{Ответ: } V_{\text{т}} = 0,042 \text{ м}^3; \quad \rho_{\text{т}} = 952 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Контрольные вопросы

1. При каких условиях тело тонет, всплывает, плавает внутри жидкости?
2. При каком соотношении плотностей тела и жидкости тело тонет, всплывает, плавает внутри жидкости?
3. К какой точке приложена сила Архимеда?
4. Как располагаются несмешивающиеся жидкости в сосуде?

★ Упражнение 27

1. Плавающий на воде деревянный брусок вытесняет воду объемом $0,72 \text{ м}^3$, а будучи погруженным в воду целиком, он вытесняет $0,9 \text{ м}^3$. Определите выталкивающие силы, действующие на брусок. Объясните, почему различны эти силы.
2. Вес тела объемом 400 см^3 равен 8 Н . Тонет ли это тело в воде, спирте, керосине?
3. Кусок бревна плавает в воде, погружившись на $\frac{2}{5}$ своего объема. Чему равна плотность дерева?

🏠 Упражнение 27д

1. Тело объемом 5 дм^3 имеет массу 5 кг . Тонет ли это тело в бензине, воде, керосине?
2. Кусок пробки плавает в баке с нефтью. Какая часть пробки погружена в нефть?

Экспериментальные задания

1. Возьмите сосуд с чистой водой и сосуд с насыщенным раствором соли. Опустите в них по картофелине. Объясните результат опыта.
2. Налейте в стакан сильно газированную воду. Бросьте в нее виноградинку. Проследите за поведением виноградинки (она будет периодически тонуть и всплывать). Объясните ваши наблюдения.

Творческие задания

1. Изготовьте из подручного материала ареометр, проградуируйте его, используя жидкости известной плотности.
2. Подготовьте сообщения с презентацией на темы: «Воздухоплавание», «Водный транспорт».
3. Предложите варианты устройств или сооружений, действие которых основано на условии плавания тел.



▼ Дом на воде – одно из решений проблемы глобального потепления.



Итоги главы VI

Основные формулы

Давление в твердых телах	Давление в жидкостях	Выигрыш в силе для гидравлической машины
$\rho = \frac{F_d}{S}$	$p = \rho gh$	$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$
Закон Архимеда	Условия плавания тел	
$F_A = \rho_{ж} g V_{п.ч.}$ $P = P_0 - F_A$	Плавает внутри или на поверхности жидкости: $F_T = F_A$ Тонет: $F_T > F_A$ Всплывает: $F_T < F_A$	

Три положения молекулярно-кинетической теории (МКТ):

1. Все вещества состоят из отдельных частиц: молекул или атомов. Между ними есть свободное пространство.
2. Частицы находятся в непрерывном беспорядочном движении.
3. Между молекулами действуют силы притяжения и отталкивания.

Законы

Закон Паскаля: Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку объема жидкости или газа.

Закон Архимеда: Тело, погруженное в жидкость или газ, теряет в своем весе столько, сколько весит жидкость или газ в объеме этого тела.

Сила Архимеда равна весу жидкости или газа в объеме погруженного тела.

Глоссарий

Агрегатное состояние – это состояние вещества, характеризующееся определенными качественными свойствами.

Атмосферное давление – давление атмосферы на поверхность Земли и на тела, находящиеся внутри воздушной оболочки.

Атмосферное давление нормальное – это атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0°C.

Атом – это мельчайшая частица химического элемента.

Барометр – прибор для измерения атмосферного давления.

Гидравлическая машина – устройство, действие которого основано на законах движения и равновесия жидкостей.

Гидравлический пресс – машина для обработки материалов давлением: штамповки,ковки, прессования, брикетирования.

Давление – это физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

Диффузия – процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого, в результате которого происходит равномерное распределение частиц по всему занимаемому объему.

Манометр – прибор для измерения давлений, больших или меньших атмосферного давления.

Молекула – это мельчайшая частица вещества, сохраняющая свойства данного вещества.

Сообщающиеся сосуды – это сосуды, соединенные между собой.

Контрольный тест**Вариант 1А**

1. Мельчайшая частица химического элемента.
А) Атом.
В) Молекула.
С) Электрон.
D) Ядро.
2. Три состояния вещества, характеризующиеся определенными качественными свойствами.
А) Тепловые состояния.
В) Равновесные состояния.
С) Агрегатные состояния.
D) Качественные состояния.
3. Физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.
А) Сила давления.
В) Давление.
С) Вес.
D) Сила тяжести.
4. Давление передается по направлению действия силы:
А) в газах.
В) в жидкостях.
С) в твердых телах.
D) в газах, жидкостях и твердых телах.
5. Утверждение «Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку объема жидкости или газа» является законом:
А) Архимеда.
В) Паскаля.
С) Торричелли.
D) Гука.
6. Машина для обработки материалов давлением.
А) Домкрат.
В) Отбойный молоток.
С) Гидравлический пресс.
D) Пневматический тормоз.
7. В сообщающихся сосудах свободные поверхности жидкости расположены на одном уровне при условии, если:
А) жидкость в сосудах однородная.
В) жидкость в сосудах неоднородная.
С) давление воздуха над жидкостью одинаковое.
D) жидкость в сосудах однородная и давление воздуха над жидкостью одинаковое.
8. Значение температуры воздуха, при котором определяется нормальное атмосферное давление.
А) 0°C.
В) 20°C.
С) 25°C.
D) 30°C.
9. Прибор для измерения атмосферного давления.
А) Манометр.
В) Ареометр.
С) Тонометр.
D) Барометр.
10. Способы увеличения давления газа.
А) Охладить при постоянном объеме.
В) Расширить при постоянной температуре.
С) Нагреть газ и увеличить его объем.
D) Нагреть газ и уменьшить его объем.

Вариант 2А

1. Мельчайшая частица вещества, сохраняющая свойства данного вещества.
 - А) Атом.
 - В) Молекула.
 - С) Электрон.
 - Д) Ядро.
2. Состояние вещества, не имеющего ни формы, ни объема, занимающего весь предоставленный ему объем.
 - А) Газообразное.
 - В) Жидкое.
 - С) Твердое.
 - Д) Аморфное.
3. Способы увеличения давления.
 - А) Уменьшить силу давления.
 - В) Увеличить площадь опоры.
 - С) Увеличить силу давления, уменьшить площадь опоры.
 - Д) Уменьшить силу давления, увеличить площадь опоры.
4. Давление передается во всех направлениях:
 - А) только в газах.
 - В) только в жидкостях.
 - С) в газах и жидкостях.
 - Д) в газах, жидкостях и твердых телах.
5. Устройство, действие которого основано на законах движения и равновесия жидкостей.
 - А) Ареометр.
 - В) Гидравлическая машина.
 - С) Отбойный молоток.
 - Д) Барометр-анероид.
6. Сосуды, соединенные между собой.
 - А) Совмещенные.
 - В) Объединенные.
 - С) Единые.
 - Д) Сообщающиеся.
7. Давление воздушной оболочки Земли на ее поверхность и на тела, находящиеся в ней.
 - А) Воздушное.
 - В) Атмосферное.
 - С) Гравитационное.
 - Д) Аэростатическое.
8. Значение нормального атмосферного давления.
 - А) 760 мм рт. ст., 101 300 Па.
 - В) 760 мм рт. ст., 1013 Па.
 - С) 660 мм рт. ст., 101 300 Па.
 - Д) 660 мм рт. ст., 1013 Па.
9. Прибор для измерения давлений, больших и меньших атмосферного.
 - А) Манометр.
 - В) Ареометр.
 - С) Тонометр.
 - Д) Барометр.
10. Утверждение «Выталкивающая сила равна весу жидкости в объеме погруженной части тела» является законом:
 - А) Архимеда.
 - В) Паскаля.
 - С) Торричелли.
 - Д) Ньютона.

ГЛАВА VII

РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

Изучив главу, вы сможете:

- объяснять физический смысл механической работы;
- объяснять физический смысл мощности;
- применять формулы механической работы и мощности при решении задач;
- различать два вида механической энергии;
- применять формулу кинетической энергии при решении задач;
- применять формулу потенциальной энергии тела, поднятого над Землей, и упруго деформированного тела при решении задач;
- приводить примеры переходов энергии из одного вида в другой;
- применять закон сохранения механической энергии при решении задач.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определения механической работы и мощности, назвать единицы измерения и объяснить физический смысл величин;
- привести примеры механического движения;
- решить задачи с использованием формул расчета механической работы и мощности и вытекающих формул.

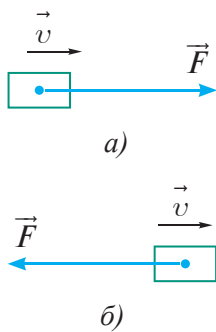


Рис. 121. Работа силы:

а) положительная; б) отрицательная

§ 30. Механическая работа. Мощность

I. Механическая работа

В повседневной жизни смысл слова «работа» имеет множество значений. Инженер разрабатывает новую конструкцию изделия, экскаватор роет котлован, ученик решает задачу, врач лечит больных. Отличительная особенность понятия «работа» заключается в том, что она приносит пользу человеку, обществу.

В физике же рассматривается только механическая работа. Отличительная особенность механической работы заключается в том, что к телу должна быть приложена сила, и тело под действием этой силы должно перемещаться. Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, механическая работа не совершается, она равна нулю. Например, на тело, которое движется по инерции, сила не действует, следовательно, работа не совершается.

Механическая работа – это физическая величина, характеризующая результат действия силы по перемещению тела.

II. Механическая работа при прямолинейном движении тела

Чем больше значение приложенной силы и пройденного пути, тем больше совершенная работа.

Работа определяется произведением силы на путь, пройденный телом:

$$A = Fs,$$

где A – механическая работа; F – сила, приложенная к телу; s – путь, пройденный телом.

Ответьте на вопросы

1. Почему механическая работа при движении тела по инерции равна 0?
2. Почему нельзя утверждать, что работа силы, приложенной к равномерно движущемуся телу, равна 0?
3. Почему сила трения всегда совершает отрицательную работу?

Запомните!

механическая работа = сила × пройденный путь

Если направление силы совпадает с направлением движения тела, то механическая работа имеет положительное значение (рис. 121, а). Если направление силы противоположно направлению движения тела, то механическая работа отрицательная (рис. 121, б).

Положительную работу совершает сила тяжести при падении мяча. При подъеме вверх работа силы тяжести станет отрицательной.

Сила трения, в отличие от силы тяжести, всегда совершает отрицательную работу:

$$A_{\text{тр}} = -Fs.$$

III. Единицы измерения механической работы

За единицу измерения работы в Международной системе принимают работу, совершенную силой в 1 Н, на пути, равном 1 м.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эта единица измерения названа в честь английского ученого Д. Джоуля.

В записи малых и больших значений работы используются кратные и дольные приставки.

IV. Мощность

Одну и ту же работу можно выполнить за разные промежутки времени. Автомобиль преодолет расстояние между двумя населенными пунктами быстрее, чем велосипедист. Экскаватор выроет котлован быстрее, чем бригада рабочих с лопатами. Более мощные приборы и устройства выполняют работу за меньший промежуток времени.

Мощность – физическая величина, характеризующая быстроту выполнения работы, равная работе, выполненной за единицу времени.

Для того чтобы рассчитать мощность, нужно совершенную работу разделить на время ее выполнения:

$$N = \frac{A}{t},$$

где N – мощность; A – работа; t – время выполнения работы.

V. Мощность двигателя и сила тяги

Мощность двигателя определяется работой, совершенной за единицу времени: $N = \frac{A}{t}$.

Механическая работа определяется как произведение силы, приложенной к телу, на его перемещение:

$$A = Fs.$$

Подставим второе выражение в первое, тогда формула для расчета мощности примет вид:

$$N = \frac{Fs}{t}.$$

! Запомните!

Примеры замены кратных и дольных приставок множителями:
 $1 \text{ кДж} = 1\,000 \text{ Дж} = 10^3 \text{ Дж};$
 $1 \text{ МДж} = 1\,000\,000 \text{ Дж} = 10^6 \text{ Дж};$
 $1 \text{ мДж} = 0,001 \text{ Дж} = 10^{-3} \text{ Дж}.$

↻ Задание

Выразите в джоулях следующие значения механической работы:
 $12,4 \text{ кДж};$
 $245,2 \text{ МДж};$
 $36 \text{ мДж}.$
 Запишите полученные значения в стандартном виде.

! Запомните!

$$\text{мощность} = \frac{\text{работа}}{\text{время}}$$

↻ Задание

Запишите формулы расчета механической работы и времени выполнения работы через известную мощность.
 Какое правило из курса математики вы использовали для выполнения задания?

! Запомните!

Мощность двигателя =
= сила тяги × скорость

Учитывая, что $v = \frac{s}{t}$, получим связь между мощностью двигателя и силой тяги:

$$N = Fv.$$

Полученная зависимость позволяет объяснить причину снижения скорости водителем при подъеме на возвышенность. *Чем меньше скорость движения, тем больше сила тяги двигателя.*

Мощность двигателя машины, прибора или сложной установки можно определить по его *паспорту*. Двигатели бывают разных мощностей в зависимости от назначения установки.

? Ответьте на вопрос

Почему водитель автобуса уменьшает скорость движения при подъеме в гору?

VI. Единицы измерения мощности

За единицу мощности в Международной системе принимают такую мощность, при которой за 1 с совершается работа, равная 1 Дж.

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}.$$

Единица измерения ватт названа в честь шотландского инженера, изобретателя-механика **Джеймса Уатта**.

В практике, кроме основной единицы измерения, используются единицы с кратными приставками.

Контрольные вопросы

1. При каких условиях выполняется механическая работа?
2. В каких единицах измеряется механическая работа?
3. В каком случае совершенная работа положительная, а в каком она отрицательная?
4. Что такое мощность? Как она определяется?
5. Какая зависимость существует между скоростью движения машины и мощностью двигателя?
6. В каких единицах измеряется мощность?

! Запомните!

Примеры замены кратных и дольных приставок множителями:

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 10^3 \text{ Вт};$$

$$1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт} = 10^6 \text{ Вт}.$$

★ Упражнение 28

1. Сила, приложенная к телу, на пути 7,5 м совершила работу в 30 кДж. Определите значение этой силы.
2. Какая работа совершается при подъеме гранитной плиты объемом 2 м³ на высоту 12 м?
3. Определите мощность насоса, подающего ежеминутно 1300 л воды на высоту 24 м?

4. Во сколько раз мощность двигателя электровоза фирмы «Тальго» превышает мощность двигателя самосвала производства казахстанско-российского предприятия АО «КАМАЗ-Инжиниринг» в городе Кокшетау? Мощность двигателя электровоза достигает 7200 кВт, мощность двигателя самосвала – 190 кВт. Сравните силу тяги двигателей, если скорость поезда равна 140 км/ч, а скорость самосвала – 80 км/ч.



▲ Самосвал АО «КАМАЗ-Инжиниринг» в г. Кокшетау

🏠 Упражнение 28д

1. Определите работу, совершенную при подъеме тела весом 40 Н на высоту 120 см.
2. Лошадь равномерно тянет телегу со скоростью $0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, прилагая усилие 400 Н. Какую работу она совершит за два часа?
3. Сколько времени должен работать насос мощностью 50 кВт, чтобы из шахты глубиной 150 м откачать воду объемом 200 м³?

Экспериментальные задания

1. Рассчитайте работу, которую вы совершаете при ходьбе из дома в школу и обратно, если при каждом шаге совершается в среднем работа, равная 20 Дж. Какую мощность вы развиваете при этом?
2. Определите мощность, которую вы развиваете при подъеме на этаж школы или дома. Что нужно сделать, чтобы мощность увеличилась? При расчете работы приложенную силу примите равной весу вашего тела.



Творческие задания

1. Определите по паспортам бытовых приборов мощности их двигателей. Составьте таблицу мощностей.
2. Составьте таблицу мощностей двигателей различных автомобилей, используя справочную литературу.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- различать виды механической энергии;
- приводить примеры тел, обладающих кинетической или потенциальной энергией;
- решать задачи с использованием формул расчета потенциальной и кинетической энергии;
- выполнять работу с единицами измерения;
- использовать кратные и дольные приставки для записи ответов;
- ставить эксперименты по исследованию зависимости кинетической энергии от массы и скорости тела, потенциальной энергии от массы и высоты подъема тела;
- строить графики зависимости указанных величин.

§ 31. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия

I. Энергия. Механическая энергия

Энергия так же, как и работа, разнообразна по смыслу и значению. В повседневной жизни мы слышим обрывки фраз: «энергичная походка», «энергосберегающие лампы», «нет никакой энергии». В курсе физики 7 класса ограничимся изучением механической энергии.

Механическая энергия – это энергия механического движения и взаимодействия тел или их частей.

II. Связь механической энергии с механической работой

Тело обладает энергией, если оно способно совершить работу.

Движущийся шар роняет кегли (рис. 122). С точки зрения физики, шар совершает механическую работу. К кеглям приложена сила, под воздействием которой они перемещаются. Следовательно, шар обладает энергией.

Совершить работу способны деформированные тела. Сжатая пружина приводит в движение стрелки механических часов, заводные игрушки. Полет стрелы возможен за счет энергии натянутой тетивы лука (рис. 123, а).

Энергией обладает нож гильотины, который при падении способен разрубить лист металла. Энергию поднятого над землей тела мы используем при забивании гвоздей, колке дров (рис. 123, б).

Энергия – величина, характеризующая способность тела совершить механическую работу.



Запомните!

$$\text{кинетическая энергия} = \frac{1}{2} \times \text{масса тела} \times \text{квадрат скорости}$$



Рис. 122. Движущееся тело обладает механической энергией

Следовательно, энергия измеряется в тех же единицах, что и работа, т.е. в джоулях.

III. Кинетическая энергия

Энергию движущихся тел принято называть кинетической (от греч. *kineta* – движение) энергией.

Кинетическая энергия – это энергия движущихся тел.

Опытным путем установлено, что кинетическая энергия зависит от массы тела и его скорости. Эта зависимость выражается формулой:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

где E_k – кинетическая энергия; m – масса тела; v – скорость движения. График зависимости кинетической энергии тела от его скорости дан на рис. 124.

Чем большей энергией обладает тело, тем большую работу оно может совершить. При совершении работы кинетическая энергия тела изменяется. *Работа равна изменению кинетической энергии тела, иными словами, работа – это мера изменения энергии тела:*

$$A = E_{k2} - E_{k1},$$

где A – работа, совершенная телом; E_{k2} – кинетическая энергия тела после совершения работы; E_{k1} – кинетическая энергия тела до совершения работы, или:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

где v_2 – конечная скорость тела; v_1 – начальная скорость тела.

Если тело движется только под действием силы трения, то его скорость уменьшается $v_2 < v_1$, кинетическая энергия уменьшается. Изменение энергии будет иметь отрицательное значение. Следовательно, работа будет иметь отрицательный знак. Это не противоречит условию, при котором механическая работа имеет отрицательное значение.

IV. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью Земли

Пусть тело под воздействием силы тяжести падает вниз с уровня h_1 до уровня h_2 (рис. 125).

К телу приложена сила тяжести:

$$F = mg.$$

При падении тело проходит расстояние:

$$h = h_1 - h_2.$$

Работа силы равна $A = Fs$, следовательно $A = mg(h_1 - h_2)$

или

$$A = mgh_1 - mgh_2.$$

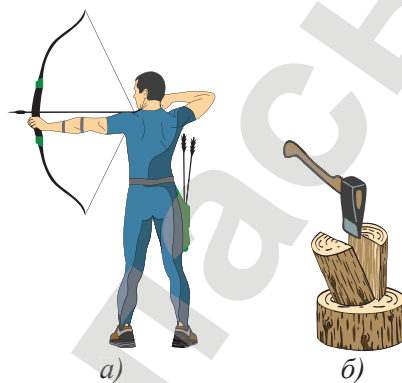


Рис. 123. Энергией обладает:
а) деформированная тетива лука;
б) топор, поднятый над землей

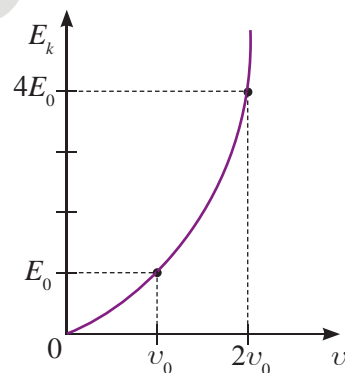


Рис. 124. График зависимости кинетической энергии от скорости движения тела

✓ Возьмите на заметку!

Работа – это мера изменения энергии тела!

? Ответьте на вопрос

Во сколько раз изменится кинетическая энергия тела, если его скорость возрастает в три раза?

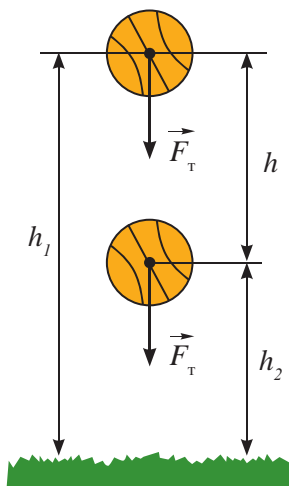


Рис. 125. Тело, поднятое над Землей, обладает потенциальной энергией

Нам известно, что работа определяется изменением энергии тела, следовательно:

$$E_p = mgh.$$

Запомните!

потенциальная энергия = масса тела \times $9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ \times высота

Энергию тела, поднятого над поверхностью Земли, принято называть *потенциальной энергией* (от лат. *potentia* – возможность). Тело, поднятое над поверхностью Земли, обладает энергией вследствие взаимодействия с Землей. *Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия тел.*

V. Потенциальная энергия деформированной пружины

Определим работу силы упругости растянутой пружины (рис. 126).

$$A = F_{\text{упр. ср.}} \cdot l,$$

где $F_{\text{упр. ср.}}$ – среднее значение силы упругости;
 l – перемещение тела, прикрепленного к пружине.

$$l = x_1 - x_2.$$

Среднее значение силы упругости равно:

$$F_{\text{упр. ср.}} = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = \frac{k}{2}(x_1 + x_2).$$

Подставим последние формулы в первую, получим выражение:

$$A = \frac{k}{2}(x_1 + x_2) \cdot (x_1 - x_2).$$

Перемножив выражения в скобках, получим формулу, которая определяет связь работы силы упругости с энергией деформированной пружины:

$$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}.$$

Энергию деформированного тела принято называть *потенциальной*, так как оно обладает энергией вследствие взаимодействия частей одного и того же тела. Потенциальная энергия деформированного тела равна:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Задание

Изобразите график зависимости потенциальной энергии от высоты для двух тел массами 1 кг и 2 кг. Потенциальная энергия какого тела больше на одной и той же высоте? Во сколько раз? Как это различие отразилось на графике?

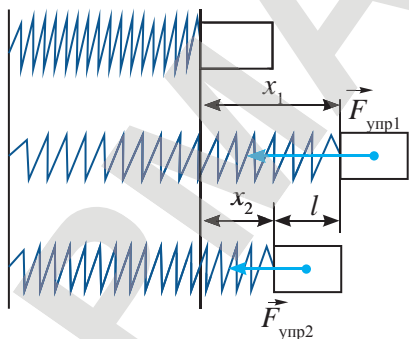


Рис. 126. Сила упругости зависит от удлинения (сжатия) пружины

Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия тел или частей одного и того же тела.

VI. Относительность механической энергии

Кинетическая и потенциальная энергии зависят от величин, которые в различных системах отсчета имеют разные значения. Определяя скорость и координату тела, мы должны указывать тело отсчета. Аналогично, в ряде задач, определяя кинетическую или потенциальную энергию, необходимо указывать, относительно какой системы отсчета они были определены. К примеру, потенциальная энергия одного и того же тела будет больше относительно пола, чем относительно стола.

★ Упражнение 29

1. Определите кинетическую энергию Земли, если ее масса равна $6 \cdot 10^{24}$ кг, а скорость движения вокруг Солнца составляет $30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
2. Определите потенциальную энергию лыжника массой 80 кг, поднявшегося на трамплин спортивного комплекса «Сункар» высотой 60 м.
3. Определите потенциальную энергию пружины жесткостью $200 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, сжатой на 5 см.

🏠 Упражнение 29д

1. По горизонтальному столу катится шарик массой 400 г с постоянной скоростью $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Чему равна его кинетическая энергия?
2. Автомобиль массой 1000 кг уменьшил скорость от $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ до $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите работу равнодействующей всех сил, действующих на автомобиль.
3. Найдите потенциальную энергию тела массой 500 г, поднятого на высоту 2 м от поверхности Земли.

Экспериментальное задание

Продумайте эксперимент по проверке зависимости кинетической энергии от массы и скорости тела. При постановке эксперимента используйте связь совершенной работы с энергией тела. Подготовьте письменный отчет по проведенному эксперименту.

? Ответьте на вопросы

1. Какое значение имеют волноломы, установленные на морском берегу? Почему разрушаются берега?
2. Какой энергией обладает вода, откуда она появилась?



▲ Комплекс лыжных трамплинов «Сункар», г. Алматы

Контрольные вопросы

1. Что такое энергия?
2. В каких единицах измеряется энергия?
3. Какую энергию называют кинетической?
4. Какую энергию называют потенциальной?

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- определить полную энергию системы в различных состояниях;
- применить закон сохранения энергии для двух состояний системы тел;
- выразить неизвестную величину из закона сохранения энергии;
- выполнить работу с единицами измерения;
- указать превращения энергии из одного вида в другой в различных физических процессах;
- объяснить причину потери системой тел полной механической энергии.

! Запомните!

Полная механическая энергия = потенциальная энергия + кинетическая энергия

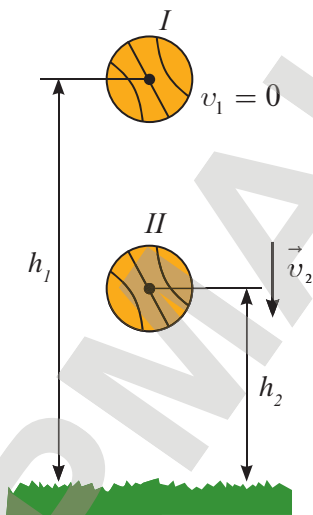


Рис. 127. Полные механические энергии в состояниях I и II не отличаются

§ 32. Превращение и сохранение энергии**I. Полная механическая энергия**

Любое тело в природе одновременно может двигаться и взаимодействовать с окружающими телами. Оно обладает как кинетической энергией, так и потенциальной.

Полная механическая энергия тела равна сумме его кинетической и потенциальной энергий.

$$E = E_p + E_k,$$

где E – полная механическая энергия.

II. Закон сохранения полной механической энергии

Рассмотрим падение упругого мяча. Опустим его с высоты h_1 на поверхность земли (рис. 127).

На этой высоте мяч обладает потенциальной энергией:

$$E_{p1} = mgh_1.$$

Кинетическая энергия E_{k1} равна нулю. По мере падения мяча потенциальная энергия уменьшается, во втором состоянии тела она равна:

$$E_{p2} = mgh_2.$$

Кинетическая энергия, напротив, возрастает до значения:

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

Определим работу силы тяжести как изменение потенциальной энергии:

$$A = mgh_1 - mgh_2.$$

Выразим работу через изменение кинетической энергии:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Мы выразили работу одной и той же силы тяжести двумя способами. Следовательно, можем приравнять правые части формул:

$$mgh_1 - mgh_2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Потенциальную и кинетическую энергии первого состояния мяча запишем слева от знака равенства, второго состояния – справа:

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$$

или

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2},$$

или

$$E_1 = E_2.$$

Последние три формулы выражают закон сохранения полной механической энергии для замкнутой системы тел.

К такому же результату можно прийти, рассмотрев взаимодействие тел силами упругости:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}.$$

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы.

При уменьшении одного вида энергии возрастает значение другого вида энергии. *Работа – мера превращения одного вида энергии в другой.*

III. Замкнутая система тел

Замкнутая система тел представляет собой тела, которые взаимодействуют друг с другом и не взаимодействуют с окружающими телами. Такими системами являются «свободно падающий мяч и Земля», «пуля в стволе и ружье», «Солнце и планеты».

Систему тел можно считать замкнутой, если действием внешних тел можно пренебречь. В системе «свободно падающий мяч и Земля» можно пренебречь силой сопротивления воздуха.

Эксперимент в классе

Определите жесткость пружины, подвесив к ней груз известной массы:

$$k = \frac{mg}{x}.$$

С помощью сжатой пружины запустите в полет шарик, предварительно измерив его массу, вертикально вверх, измерьте высоту подъема.

Сравните полученный результат с расчетным показателем:

$$h = \frac{kx^2}{2m_{\text{ш}}g}.$$

Подумайте, почему шар не поднялся на расчетную высоту?

Ответьте на вопросы

1. Почему закон сохранения полной механической энергии выполняется только для замкнутых систем тел?
2. Почему при действии силы трения полная механическая энергия тела уменьшается?
3. Почему энергию ветра, воды, приливов называют возобновляемыми источниками энергии? Почему человечество не ограничивается только этими видами энергии?

ПРИМЕР

Определите, с какой скоростью нужно бросить мяч с высоты 1 м, чтобы он поднялся после удара о поверхность земли на 6 м.

Дано:

$$h_1 = 1 \text{ м}$$

$$h_2 = 6 \text{ м}$$

$$v_2 = 0$$

$$v_1 = ?$$

Решение:

Рассмотрим два состояния мяча. В момент броска мяча вниз он обладает потенциальной энергией:

$$E_{p1} = mgh_1$$

и кинетической энергией:

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}.$$

В момент максимального подъема мяч обладает только потенциальной энергией:

$$E_{p2} = mgh_2 \text{ и } E_{k2} = 0.$$

На основании закона сохранения полной механической энергии запишем равенство:

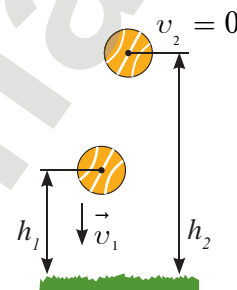
$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2.$$

Из полученного соотношения выразим скорость:

$$\frac{v_1^2}{2} = g(h_2 - h_1); \quad v_1 = \sqrt{2g(h_2 - h_1)};$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5 \text{ м}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: $v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

**Контрольные вопросы**

1. Как определяется полная механическая энергия?
2. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии.
3. Какую систему тел называют замкнутой?

★ Упражнение 30

1. Найдите потенциальную и кинетическую энергии тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, на расстоянии 2 м от поверхности земли.
2. Камень брошен вертикально вверх со скоростью $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. На какой высоте кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?
3. Во сколько раз изменится скорость «снаряда» пружинного пистолета при выстреле в горизонтальном направлении при увеличении сжатия пружины в два раза?

🏠 Упражнение 30д

1. Каковы значения потенциальной и кинетической энергии стрелы массой 50 г, выпущенной из лука со скоростью $30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ на высоте 20 м?
2. Во сколько раз изменится скорость «снаряда» пружинного пистолета при выстреле в горизонтальном направлении: а) при замене пружины другой, жесткость которой в два раза больше; б) при увеличении массы «снаряда» в два раза?



▲ Ветряные двигатели

Экспериментальное задание

Определите, какая часть полной механической энергии теннисного шарика теряется на взаимодействие с воздухом и поверхностью стола при одном подскоке. Сделайте вывод. Возможна ли передача энергии от одного тела другому?

Творческие задания

1. Подготовьте доклады по следующим темам: «Водяные турбины», «Ветряные двигатели».
2. Изготовьте прибор, изображенный на рис. 128. Накручивая нить на ось, поднимите диск и опустите его. Объясните наблюдаемое явление.

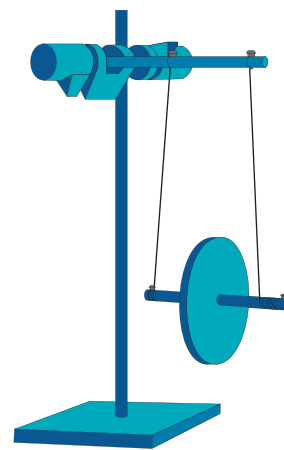


Рис. 128. Маятник Максвелла

Итоги главы VII

Основные формулы

Энергия	Механическая работа и энергия, мощность	Закон сохранения энергии
Кинетическая $E_k = \frac{mv^2}{2}$	$A = Fs$ $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$	$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$
Потенциальная $E_p = mgh$ $E_p = \frac{kx^2}{2}$	$A = mgh_1 - mgh_2$ $A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$	$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}$ $E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2}$ $E_1 = E_2$
Полная механическая $E = E_p + E_k$	Мощность $N = \frac{A}{t}$ $N = Fv$	

Законы, правила

Закон сохранения полной механической энергии: «Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы».

Глоссарий

Кинетическая энергия – это энергия движущихся тел.

Механическая работа – это работа силы, под воздействием которой тело перемещается.

Механическая энергия – энергия движения и взаимодействия тел.

Мощность – физическая величина, характеризующая быстроту выполнения работы.

Полная механическая энергия тела – это величина, равная сумме его кинетической и потенциальной энергий.

Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия тел или частей одного и того же тела.

Работа – это мера изменения энергии тела.

Энергия – величина, характеризующая способность тела совершить механическую работу.

Контрольный тест**Вариант 1А**

1. **Механическая работа выполняется, если:**
 - А) тело остается в покое под действием приложенной силы.
 - В) тело перемещается без воздействия силы.
 - С) тело перемещается под воздействием силы.
 - Д) сила, приложенная к телу, направлена перпендикулярно перемещению.
2. **Физическая величина, характеризующая быстроту выполнения работы.**
 - А) Скорость.
 - В) Ускорение.
 - С) Единичная работа.
 - Д) Мощность.
3. **Сумма кинетической и потенциальной энергии тела.**
 - А) Механическая энергия.
 - В) Полная механическая энергия.
 - С) Внутренняя энергия.
 - Д) Энергия тела.
4. **Энергию взаимодействия тел или частей одного и того же тела называют:**
 - А) потенциальной.
 - В) кинетической.
 - С) внутренней.
 - Д) полной механической.
5. **Кинетическая энергия тела зависит:**
 - А) обратно пропорционально от скорости.
 - В) прямо пропорционально от квадрата скорости.
 - С) прямо пропорционально от скорости.
 - Д) обратно пропорционально от квадрата скорости.
6. **Бочка наполнена водой. Пользуясь ведром, половину воды из бочки вычерпала девочка, остальную часть – мальчик. Сравните работы, совершенные девочкой и мальчиком.**
 - А) Работы равные.
 - В) Мальчик совершил большую работу, чем девочка.
 - С) Девочка совершила большую работу.
 - Д) Сравнить невозможно, не дана высота бочки.
7. **Основная единица измерения мощности:**
 - А) Дж.
 - В) Вт.
 - С) Н.
 - Д) кВт · ч.

Вариант 2А

1. Если направление силы, приложенной к телу, совпадает по направлению с перемещением, то совершенная работа:
 - А) положительная.
 - В) отрицательная.
 - С) равна 0.
 - Д) меняет свое значение с отрицательного на положительное.
2. Величина, характеризующая способность тела совершать механическую работу.
 - А) Мощность.
 - В) Коэффициент полезного действия.
 - С) Энергия.
 - Д) Скорость.
3. Энергию движения тел называют:
 - А) потенциальной.
 - В) кинетической.
 - С) внутренней.
 - Д) полной механической.
4. Утверждение о том, что полная механическая энергия замкнутой системы, взаимодействующей силами тяготения и силами упругости, остается неизменной, является:
 - А) условием равновесия.
 - В) законом сохранения.
 - С) «золотым правилом» механики.
 - Д) правилом моментов.
5. Потенциальная энергия тела от выбора системы отсчета:
 - А) не зависит.
 - В) зависит.
 - С) не зависит, если находится в покое.
 - Д) не зависит, если движется.
6. Система тел, которые взаимодействуют друг с другом и не взаимодействуют с другими телами.
 - А) Открытая.
 - В) Закрытая.
 - С) Замкнутая.
 - Д) Независимая.
7. Основная единица измерения работы:
 - А) Дж.
 - В) Вт.
 - С) Н.
 - Д) кВт.

ГЛАВА VIII

МОМЕНТ СИЛЫ

Изучив главу, вы сможете:

- приводить примеры использования простых механизмов и формулировать «золотое правило» механики;
- объяснять физический смысл понятия «момент силы»;
- экспериментально определять положение центра масс плоской фигуры;
- экспериментально определять условия равновесия рычага;
- формулировать и применять правило моментов сил для тела, находящегося в равновесии, при решении задач;
- экспериментально определять КПД наклонной плоскости.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать определение простых механизмов;
- приводить примеры использования простых механизмов;
- объяснить смысл «золотого правила» механики;
- указать назначение простых механизмов;
- определить выигрыш в силе для шести видов простых механизмов;
- объяснить определение «момент силы»;
- собрать установку с простым механизмом;
- поставить эксперимент по определению выигрыша в силе и работе.

§ 33. Простые механизмы**I. Простые механизмы**

Облегчая свой труд, человек придумал много различных приспособлений, механизмов, машин. Сложные машины состоят из простых механизмов.

Простые механизмы – это приспособления, служащие для преобразования силы.

Простые механизмы позволяют преобразовать как значение силы, так и ее направление. К простым механизмам относятся: *рычаг и его разновидности – блок, ворот; наклонная плоскость и ее разновидности – клин, винт.*

II. Рычаг

Самыми простыми подручными средствами для подъема тяжелых тел могут быть доска, длинная палка, лом. В физике эти тела называют рычагом.

Рычаг – это любое твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.

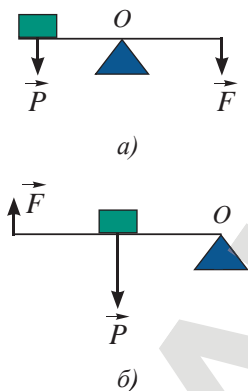


Рис. 129. Рычаги: а) I рода; б) II рода

В зависимости от расположения точки опоры O , приложенная к рычагу сила F направлена вниз (рис. 129, а) или вверх (рис. 129, б). Рычаг, точка опоры которого расположена в центре тела, называют рычагом I рода. Если точка опоры находится на конце вращающегося тела, то это рычаг II рода.

Наш жизненный опыт доказывает, что действие силы зависит от ее направления и точки приложения к рычагу. Чем дальше от точки опоры приложена сила, тем легче поднять груз.

Кратчайшее расстояние от оси вращения (точки опоры) тела до линии действия силы называют плечом силы.

Обозначают плечо силы буквой d , единица ее измерения в СИ – метр: $[d] = 1 \text{ м}$.

**Ответьте на вопросы**

1. К какому роду рычагов относится дверь?
2. Почему дверную ручку крепят к краю двери?

III. Неподвижный блок

Блок представляет собой колесо с желобом на ободу. По желобу пропускают веревку или трос. Ось неподвижного блока закреплена (рис. 130). Блок представляет собой равноплечий рычаг $d_1 = d_2$, поэтому выигрыша в силе неподвижный блок не дает: для подъема груза необходимо приложить силу, равную весу тела $F = P$. Неподвижный блок получил применение в технике, так как позволяет менять направление действия силы.

IV. Подвижный блок

Подвижный блок перемещается по тросу, его ось не закреплена. Он поднимается и опускается вместе с грузом (рис. 131). Подвижный блок подобен рычагу с точкой опоры, расположенной на его конце. Плечо приложенной силы F в два раза превышает плечо веса подвешенного к блоку груза P . Следовательно, подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза:

$$\frac{P}{F} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{2r}{r} = 2.$$

$$\boxed{\frac{P}{F} = 2.}$$

V. Система блоков

В практике широкое применение получила система подвижных и неподвижных блоков, которая получила название полиспаст (от греч. *polyspastos* – натягиваемый многими веревками). Полиспасты дают выигрыш в силе более чем в два раза. Они состоят из n неподвижных блоков и n подвижных блоков. Выигрыш в силе, который дает полиспаст, определяется по формуле:

$$\boxed{F = \frac{P}{2n}.}$$

Выигрыш в силе полиспаста легко определить по числу нитей, натянутых между блоками. Вес груза распределяется на все нити. Натяжение нитей полиспаста, изображенного на рис. 132, а, уменьшается в четыре раза, так как число нитей между блоками равно 4. На четырех нитях укрепляется два подвижных блока. Следовательно, сила, которую нужно приложить для подъема тела, в соответствии с приведенной выше формулой расчета тоже уменьшится в четыре раза.

Задание

Приведите примеры использования рычагов.

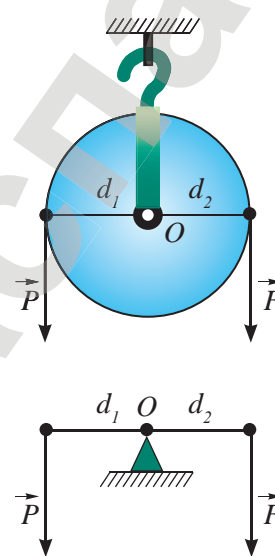


Рис. 130. Неподвижный блок

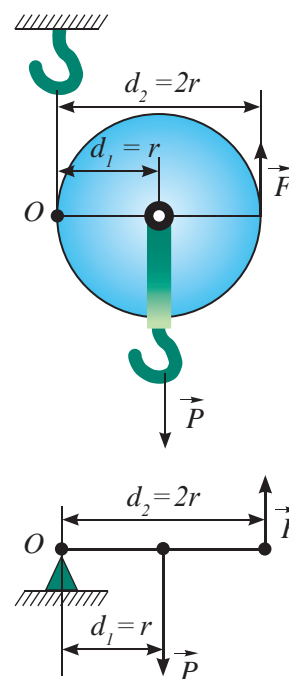


Рис. 131. Подвижный блок

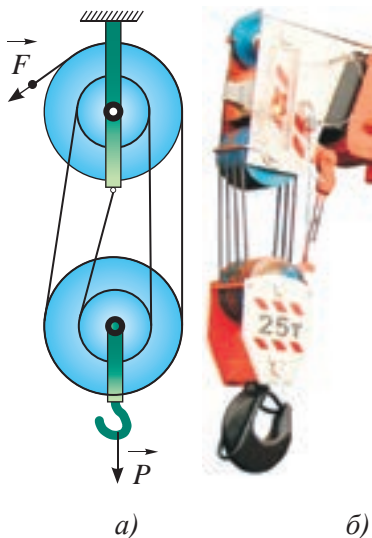


Рис. 132. Полиснаст

VI. Момент силы

Силы, приложенные к рычагу, подвижному и неподвижному блоку, приводят их во вращение. Одной и той же силой можно добиться различных результатов: чем длиннее рычаг, тем действие силы больше. Введем физическую величину, определяющую действие сил, приводящих во вращение твердое тело, – момент силы.

Момент силы – это физическая величина, равная произведению силы на ее плечо.

$$M = Fd.$$

VII. Ворот

Ворот представляет собой цилиндрическое тело, к которому одним концом прикреплен трос. Ворот приводится во вращение рукояткой, закрепленной к оси вращения (рис. 133).

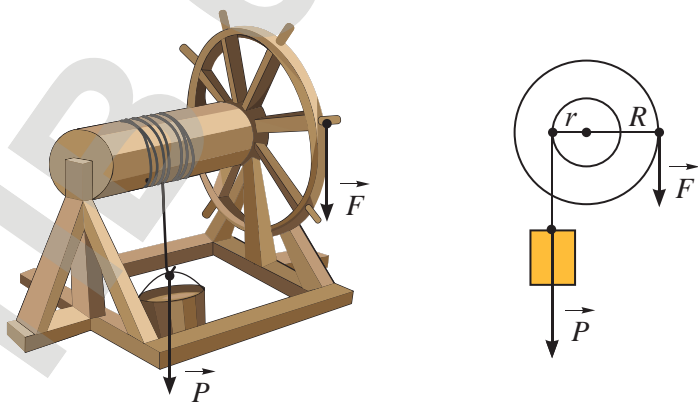


Рис. 133. Ворот

Задание

Изобразите на рисунке рычаг, силы, действующие на рычаг, и плечи этих сил. Как в математике называют отрезок, который является кратчайшим расстоянием от точки до прямой? Изобразите плечо приложенной к рычагу силы, приложенной к нему под острым углом.

Из равенства моментов приложенных сил следует, что $Pr = FR$.

Определим выигрыш в силе: $\frac{P}{F} = \frac{R}{r}$,

где P – вес груза; F – сила, приложенная к рукоятке ворота; R – радиус вращения рукоятки; r – радиус цилиндра.

Ворот дает выигрыш в силе, равный отношению радиуса вращения рычага к радиусу цилиндра.

VIII. Наклонная плоскость

Наклонную плоскость используют для подъема тяжелого груза. Она представляет собой широкую доску, закрепленную под некоторым углом к горизонту. Чем меньше угол наклона, тем длиннее наклонная плоскость при постоянном значении высоты подъема (рис. 134).

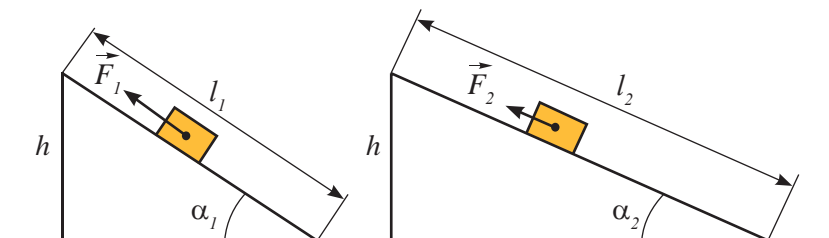


Рис. 134. Наклонная плоскость

Определим выигрыш в силе для наклонной плоскости. Выразим работу, совершенную при подъеме груза, через изменение потенциальной энергии тела ΔE_p . Знак Δ – это буква греческого алфавита, означает изменение любой физической величины, читается «дельта»:

$$A = \Delta E_p = mgh.$$

Работа, совершенная при подъеме груза вдоль наклонной плоскости, равна:

$$A = Fl.$$

Приравняем правые части записанных формул, ведь речь идет об одной и той же работе:

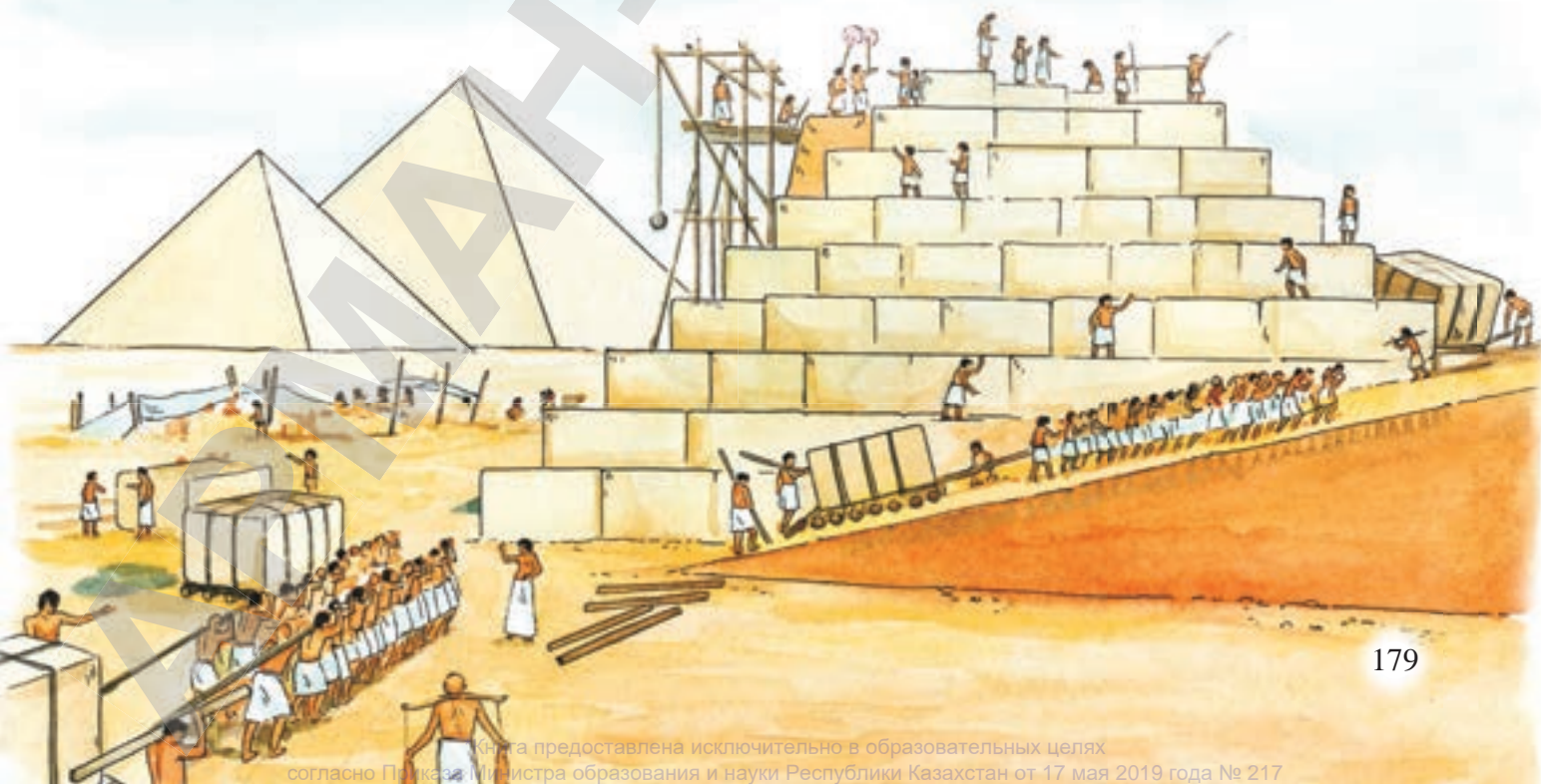
$$mgh = Fl.$$



Ответьте на вопросы

1. Почему предпочитают использовать систему блоков, а не отдельно взятые блоки?
2. Почему неподвижный блок используют в сочетании со всеми простыми механизмами?

▼ Строительство пирамид



Учитывая, что сила тяжести, действующая на груз, равна $F_T = mg$, выразим отношение силы тяжести к силе, приложенной к грузу:

$$\frac{F_T}{F} = \frac{l}{h}.$$

Наклонная плоскость дает выигрыш в силе, равный отношению длины наклонной плоскости к его высоте.

Контрольные вопросы

1. Что такое простой механизм?
2. Какие виды простых механизмов вам известны?
3. Какой простой механизм не дает выигрыша в силе? Для чего он служит?
4. Какой выигрыш в силе дает подвижный блок, ворот?
5. Как увеличить выигрыш в силе наклонной плоскости?
6. Определите, какой из рычагов, изображенных на рис. 135, относится к рычагам I рода.

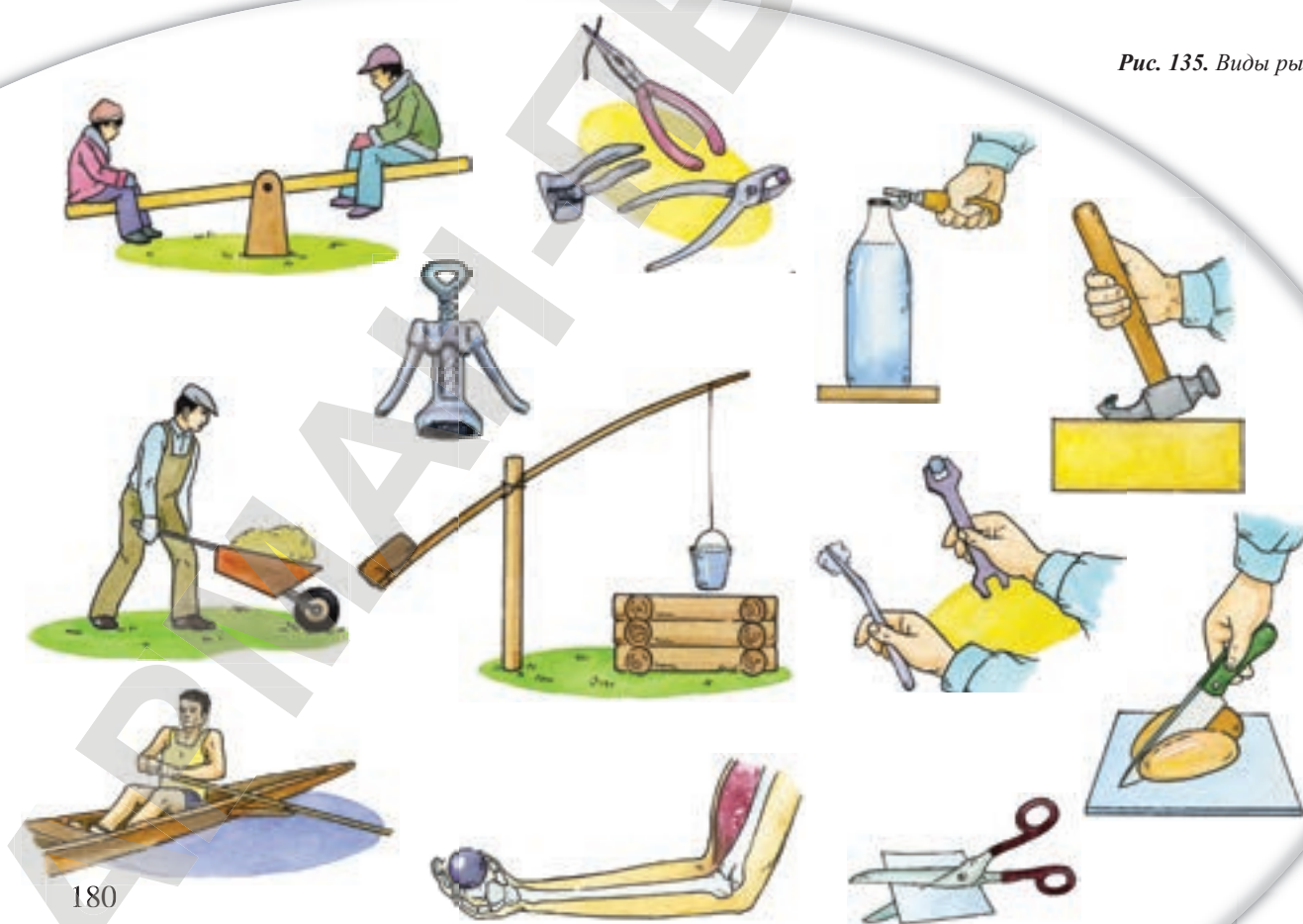


Рис. 135. Виды рычагов

★ Упражнение 31

1. При помощи подвижного блока поднимают груз, прилагая к нему силу 100 Н. Определите вес груза.
2. При помощи подвижного блока поднимают груз, прилагая силу 100 Н. Определите вес груза, если вес блока равен 20 Н. Какова масса груза?
3. С помощью подвижного блока в течение 0,5 мин поднимают ящик с кирпичами на высоту 12 м, действуя силой 320 Н. Как велика мощность, развиваемая при подъеме ящика?
4. Определите выигрыш в силе полиспаста, изображенного на *рис. 132, б*.

🏠 Упражнение 31д

1. Какую силу нужно приложить к рукоятке ворота (*рис. 136*), при подъеме груза весом 100 Н? Радиус цилиндра – 20 см, радиус рычага – 50 см.
2. Какой выигрыш в силе дает доска длиной 2,4 м, используемая в качестве наклонной плоскости для подъема груза на высоту 60 см?
3. Какую силу необходимо приложить, чтобы поднять груз массой 400 кг с использованием подвижного блока весом 20 Н?



Рис. 136. Приложение силы к рукоятке ворота

Экспериментальное задание

Возьмите ножницы разных видов, кусачки, линейку. Определите выигрыш в силе при использовании данных инструментов.

Творческие задания

1. Выясните, что представляет собой лебедка? Подготовьте сообщение об этом устройстве.
2. Подготовьте сообщение о выигрыше в силе винта и клина.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определения «центр масс» и «центр тяжести»;
- отличать понятия «центр масс» и «центр тяжести»;
- указать положение центра масс тел правильной формы;
- экспериментально определить центр масс плоской фигуры правильной и неправильной формы, центр тяжести тела.

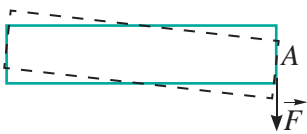


Рис. 137. Вращательное движение пластины под действием силы, перпендикулярной ее оси

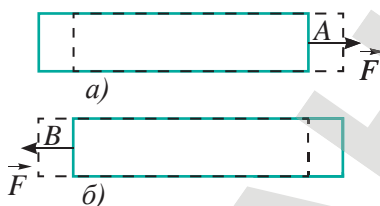


Рис. 138. Поступательное движение пластины под действием силы, направленной вдоль ее оси

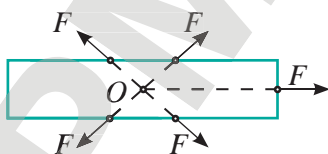


Рис. 139. Точка O – центр масс

§ 34. Центр масс тел**I. Условие, при котором тело движется поступательно**

Движение поступательное, если все точки тела перемещаются одинаково. Выясним, к какой точке тела в этом случае приложена сила. Возьмем широкую пластину прямоугольной формы, прикрепим к ее концу в точке A нить и потянем в направлении, перпендикулярном оси пластины (рис. 137). Пластина начнет вращаться. При повороте разные точки пластины проходят различные пути и движутся с различными скоростями, следовательно, движение не является поступательным. Изменим направление силы: приложим ее вдоль оси пластины, проходящей через точку A , вправо (рис. 138, а). В этом случае все точки пластины имеют одинаковые скорости и проходят одинаковые пути, движение пластины поступательное. Изменение направления силы на противоположное также приводит тело в поступательное движение (рис. 138, б). Существует только одна прямая, проходящая через точку A , вдоль которой должна быть направлена сила, вызывающая поступательное движение пластины. Действие силы в любом другом направлении в данной точке будет поворачивать пластину.

Прикрепляя нить к другим точкам пластины, мы можем убедиться в том, что в каждой точке есть только одно направление силы, при котором пластина движется поступательно, без поворотов. На рис. 139 показано, как должны быть направлены силы, приложенные в разных точках тела, чтобы оно двигалось поступательно. Опыт показывает, что прямые, вдоль которых действуют эти силы, сходятся в одной точке O . Эта точка получила название центра масс. Ранее, изображая силы, приложенные к поступательно движущемуся телу, мы прикладывали их к центру масс.

Центр масс – это точка пересечения прямых, вдоль которых должны быть направлены силы, чтобы тело двигалось поступательно.

Мы провели опыт, который позволяет определить центр масс тела любой формы.

II. Центр масс правильных плоских фигур

Легко убедиться в том, что центр масс прямоугольной пластины совпадает с точкой пересечения диагоналей. Для всех правильных фигур равной толщины с равномерно распределенной массой центр тяжести находится в геометрическом центре фигуры.

Например, у треугольника центр масс находится в точке пересечения медиан; у диска и обруча – в центре окружности, описывающей фигуры; у ромба, параллелограмма, квадрата – на пересечении диагоналей (рис. 140). Центр масс может оказаться и вне тела, как, например, у обруча или квадратной рамки.

III. Центр тяжести

Частным случаем поступательного движения является падение тела под действием силы тяжести, если телу изначально не придали вращательное движение. Поэтому центр масс часто называют и центром тяжести тела. Центр масс тела не следует путать с центром тяжести.

Центр масс и центр тяжести для всех тел вблизи поверхности Земли совпадают.

IV. Определение центра тяжести (центра масс) с помощью отвеса

Если центр тяжести тела соединить с подвесом или совместить центр тяжести с точкой опоры, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение. Точкой опоры может быть острие карандаша. Это свойство легло в основу определения положения центра масс в телах неправильной формы.

На краю фигуры произвольной формы необходимо проколоть два отверстия.

Вколоть в вертикальную стену иголку и подвесить на ней фигуру за одно, а затем другое отверстие (рис. 141). При этом фигура должна свободно качаться на игле. С помощью отвеса проведите на фигуре вертикальные линии. Точка пересечения проведенных линий укажет положение центра тяжести данной фигуры. Контроль правильного нахождения центра масс можно провести с помощью карандаша. Тело должно принять горизонтальное положение и сохранить равновесие, если его точкой опоры станет центр тяжести.

V. Виды равновесия. Устойчивость тел

Если центр тяжести C выше оси вращения тела O , то тело может находиться в равновесии, если вертикальная прямая проходит через эти две точки (рис. 142, а). Такое положение равновесия неустойчивое. При отклонении от положения равновесия момент силы тяжести отклоняет тело дальше от положения равновесия.

Если центр тяжести находится ниже оси вращения (рис. 142, б), то равновесие устойчивое. Тело под действием силы тяжести возвращается в положение равновесия.

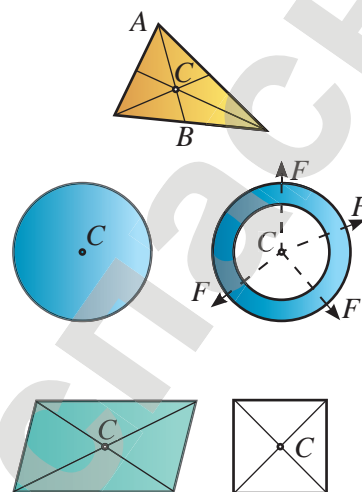


Рис. 140. Центр тяжести находится в геометрическом центре фигуры

Центр тяжести – это точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести, действующих на каждую точку тела.

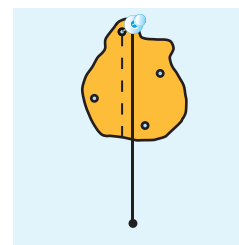


Рис. 141. Определение центра тяжести тела с помощью отвеса

? Ответьте на вопросы

1. Почему башни и композиции, изображенные на рисунках, сохраняют равновесие?
2. На каком из рисунков равновесие устойчивое? Ответ поясните.

▼ Чем хуже держат равновесие предметы, тем эффектнее из них получаются «башни».



Если центр тяжести и ось вращения совпадают (рис. 142, в), то положение равновесия безразлично. Тело может сохранять любое положение.

Если тело, изображенное на рис. 143, наклонить на малый угол $\alpha < \alpha_0$, то оно возвратится в исходное положение. Если же его отклонить на угол $\alpha > \alpha_0$, то тело опрокинется.

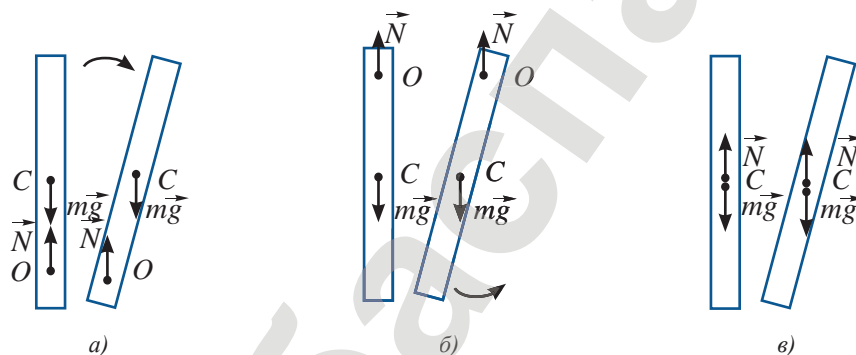


Рис. 142. Положение равновесия: а) неустойчивое, б) устойчивое, в) безразличное

При заданной массе и площади опоры устойчивость тела тем выше, чем ниже расположен его центр тяжести.

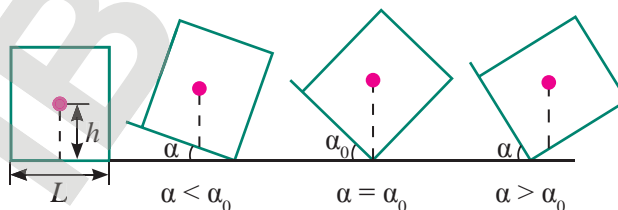


Рис. 143. Тело не опрокидывается, если вертикаль, проведенная из центра тяжести, пронизывает опору



Контрольные вопросы

1. Какую точку тела называют центром масс, какую – центром тяжести?
2. Какие методы определения положения центра масс вам известны?
3. Как расположение центра масс влияет на устойчивость тел?

Экспериментальные задания

1. Определите центр масс тел неправильной формы, например транспорта.
2. Поясните метод определения центра масс фигуры, изображенной на рис. 144. Какое действие необходимо еще выполнить, чтобы определить положение центра масс?

Творческие задания

1. Подготовьте сообщение о конструкции игрушки-неваляшки.
2. Изготовьте игрушку из подручных средств, например из яйца.

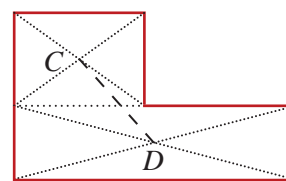
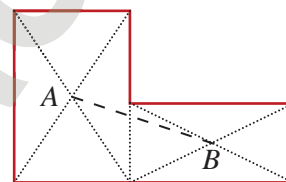


Рис. 144. На пересечении линий AB и CD находится центр масс тела



◀ Из обычных прибрежных камней можно получать целые скульптурные композиции — есть целое направление в искусстве, rock balance.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- сформулировать условие равновесия рычага;
- изобразить рычаг, силы, действующие на рычаг, плечи сил;
- записать соотношение сил и плеч при равновесии рычага;
- определить плечи сил;
- записать правило моментов для двух и нескольких сил;
- рассчитать неизвестные плечо или силу.

§ 35. Условие равновесия рычага**I. Условие равновесия рычага**

Нам известно, что действие силы определяется не только ее величиной и направлением, но и точкой приложения.

На опыте установлено, что рычаг находится в равновесии (рис. 145) при выполнении условия:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1},$$

где d_1 – плечо силы F_1 ; d_2 – плечо силы F_2 .

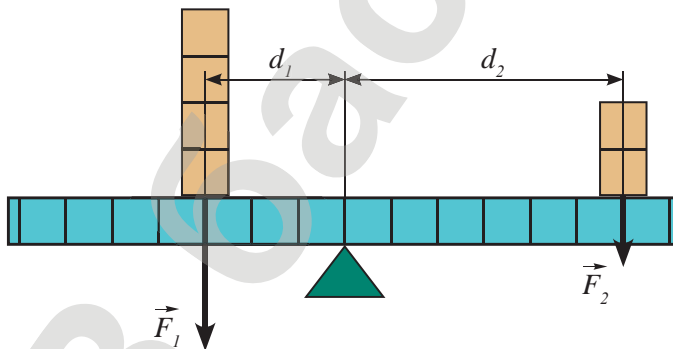


Рис. 145. Рычаг в равновесии

? Ответьте на вопрос

Почему лезвия ножниц для резки бумаги намного длиннее, чем у кусачек?

🕒 Поясните слова!

«Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю».
(Архимед)

🔄 Задание

Приведите примеры использования рычагов в природе, быту, технике.

Рычаг находится в равновесии, если силы, действующие на него, обратно пропорциональны плечам этих сил.

При равновесии рычага силы, приложенные к нему, обратно пропорциональны их плечам. Следовательно, с использованием рычага можно малой силой преодолеть действие большей силы.

II. Правило моментов

Используя правило пропорции: произведение крайних членов пропорции равно произведению средних членов, запишем полученное условие равновесия рычага в виде:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2.$$

Мы получили равенство моментов сил, приложенных к левому и правому плечам.

Запишем условие равновесия рычага через моменты сил:

$$M_1 = M_2.$$

Рычаг находится в равновесии, если момент силы, вращающей рычаг по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей рычаг против часовой стрелки.

Единица измерения момента силы $[M] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

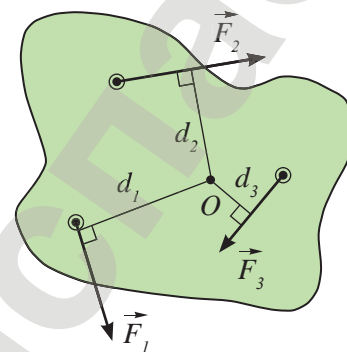


Рис. 146. Плечи сил – перпендикуляры, опущенные на линии действия сил

III. Условие равновесия вращающегося тела

Правило моментов справедливо для тел любой формы, вращающихся вокруг закрепленной оси. К телу могут быть приложены несколько сил, ориентированных в пространстве произвольно (рис. 146).

В таком случае сумма моментов сил, вращающих тело по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, вращающих тело против часовой стрелки:

$$F_2 d_2 + F_3 d_3 = F_1 d_1.$$

В записанном равенстве d_1, d_2, d_3 – это плечи сил или перпендикуляры, опущенные из точки опоры тела O на линии действия сил, приложенных к телу.

IV. Рычажные весы

Рычаги получили широкое применение в быту и технике: качели, ножницы, весы, подъемный кран, кусачки. На рис. 147 изображены равноплечие рычажные весы. На основании условия равновесия рычага можно утверждать, что весы будут в равновесии, если массы грузов на чашах одинаковые. Это условие было использовано нами при взвешивании грузов на рычажных весах.

Для определения массы тяжелых тел используются весы, плечи которых разные (рис. 148). В десятичных весах плечо, к которому подвешена гиря, увеличено в десять раз. Следовательно, массу тела можно уравновесить гирей в десять раз меньшей массы.

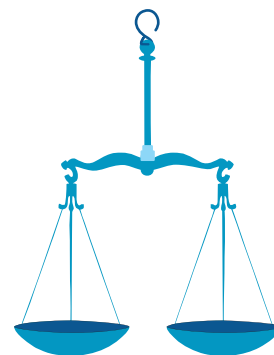


Рис. 147. Равноплечие рычажные весы

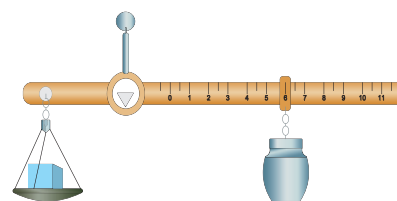


Рис. 148. Неравноплечие рычажные весы

Контрольные вопросы

1. Что такое рычаг?
2. При каком условии рычаг находится в равновесии?
3. Что такое плечо силы?
4. Какую величину называют моментом силы?
5. При каком условии вращающееся тело находится в равновесии?

★ Упражнение 32

1. На меньшее плечо рычага действует сила 300 Н, на большее – 20 Н. Длина меньшего плеча – 5 см. Определите длину большего плеча. Сделайте рисунок.
2. Длина меньшего плеча рычага – 5 см, большего – 30 см. На меньшее плечо действует сила, равная 12 Н. Какую силу нужно приложить к большему плечу, чтобы уравновесить рычаг?
3. На левое плечо рычага действует сила, момент которой равен $2 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Какую силу нужно приложить к правому плечу рычага на расстоянии 10 см от оси вращения?

Ⓒ Эксперимент в классе

Выясните, нарушится ли равновесие, если справа от петли стержень согнуть (рис. 149)?

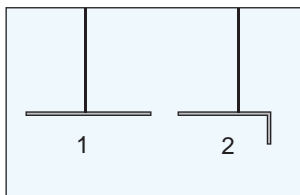


Рис. 149. Стержень, подвешенный на веревочной петле

1. Подвесьте на веревочной петле в горизонтальном положении однородный стержень таким образом, чтобы стержень был в равновесии.
2. Согните левую или правую часть стержня.
3. Объясните наблюдаемое явление.

🏠 Упражнение 32д

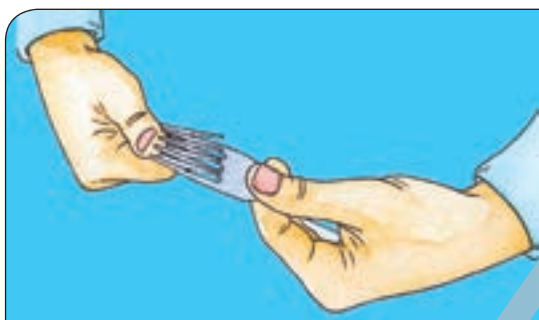
1. На концы рычага действуют силы 40 Н и 240 Н. Расстояние от точки опоры до меньшей силы – 6 см. Определите длину рычага, если рычаг находится в равновесии.
2. При помощи кусачек перекусывают гвоздь. Расстояние от оси вращения до гвоздя – 2 см, а до точки приложения силы руки – 16 см. Рука сжимает кусачки силой 200 Н, определите силу, действующую на гвоздь.
3. На концы рычага действуют силы 2 Н и 18 Н. Длина рычага – 1 м. Где находится точка опоры, если рычаг в равновесии?

Экспериментальные задания

1. Проверьте на опыте соотношение сил и плеч на равноплечем рычаге. Сделайте вывод.
2. Проверьте выполнение условия равновесия на рычаге с разными плечами. Почему равенство соотношений сил и плеч в этом случае не выполняется? Какие изменения нужно ввести в расчетах?
3. Составьте конструкцию из двух вилок и зубочистки, как изображено на рисунке ниже.

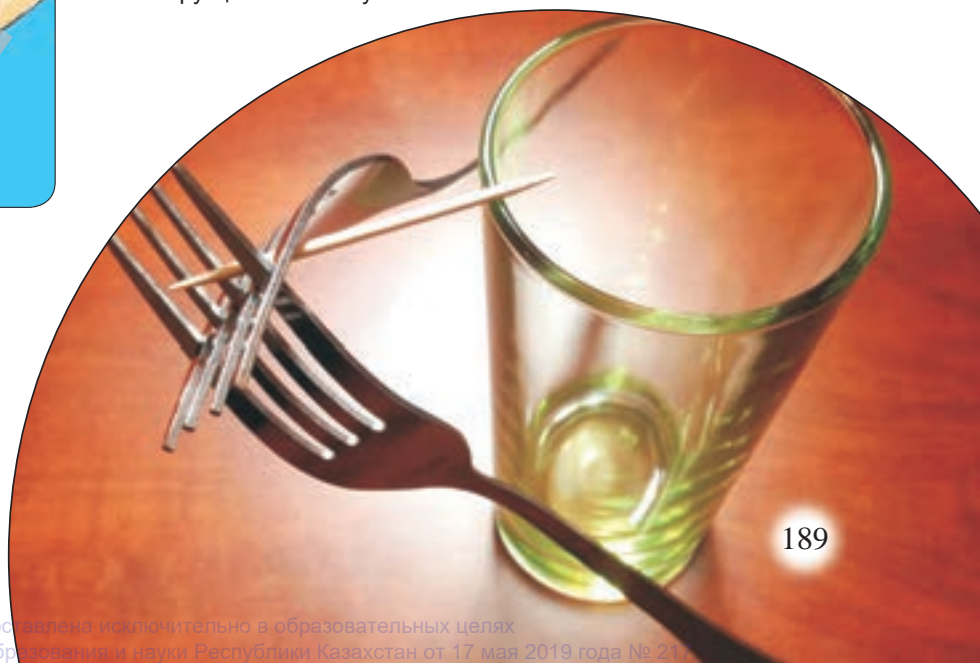
Творческое задание

Подготовьте доклад на тему «Рычаги в организме человека».



◀ Попробуйте удивить своих знакомых подобным опытом и объясните им, почему конструкция не падает.

▼ Установите конструкцию на край стакана, налейте в него воды. Затем попробуйте осторожно перелить воду из стакана в другой сосуд не убирая конструкцию. Что произошло с конструкцией? Почему?



Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определение КПД;
- измерить вес тела, силу тяги, высоту и длину наклонной плоскости;
- рассчитать полезную и совершенную работу;
- определить КПД наклонной плоскости;
- исследовать зависимость КПД наклонной плоскости от ее угла наклона.

§ 36. Коэффициент полезного действия (КПД)

I. «Золотое правило» механики

Практически все простые механизмы дают выигрыш в силе. Выясним, дают ли они выигрыш в совершенной работе. Рассмотрим действие подвижного блока. На опыте можно убедиться в том, что для подъема груза на высоту h нужно из-под блока вытянуть трос длиной $2h$ (рис. 150). Работа, совершенная силой P , равна:

$$A_1 = Ph.$$

Работа силы равна:

$$A_2 = F \cdot 2h.$$

Учтем, что блок дает выигрыш в силе $F = \frac{P}{2}$, тогда:

$$A_2 = \frac{P}{2} \cdot 2h = Ph.$$

$$A_1 = A_2.$$

Работы, совершенные силами, одинаковы. Следовательно, *выигрыша в работе подвижный блок не дает.*

Определяя работу сил, приложенных к любым простым механизмам, можно убедиться в том, что выигрыша в работе они не дают. *Во сколько раз выигрываем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии.* В этом заключается «золотое правило» механики.

Простые механизмы не дают выигрыша в работе.

II. КПД простых механизмов

Определяя работу сил, приложенных к подвижному блоку, мы не учитывали вес блока и троса. Кроме того, при подъеме груза с использованием блока приходится выполнять дополнительную работу по преодолению силы трения. Большие затраты энергии на совершение работы против силы трения происходят на наклонной плоскости. Потери энергии из-за силы трения существенны в простых механизмах с закрепленной осью вращения. Таким образом, совершенная работа всегда больше той

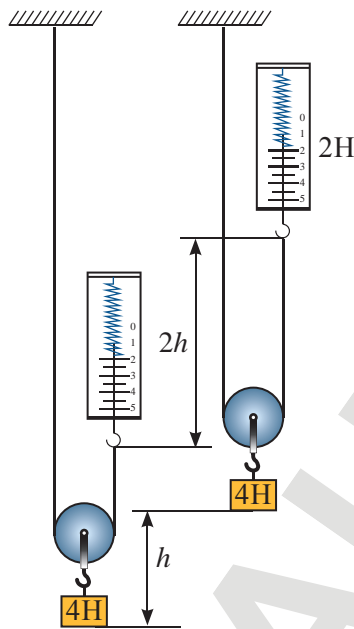


Рис. 150. При подъеме груза на высоту h вытягивают трос длиной $2h$

работы, которую необходимо выполнить. Введем обозначения величин:

A_n – «полезная работа» – работа, которую необходимо выполнить;

A_c – «полная работа» – работа, которую совершили;

η – коэффициент полезного действия (η – греческая буква, читается «эта»), тогда:

$$\eta = \frac{A_n}{A_c}.$$

Отношение полезной работы к полной работе называют коэффициентом полезного действия механизма.

Коэффициент полезного действия выражается чаще не в долях от целого, а в процентах. Для этого отношение полезной работы к совершенной умножают на 100%:

$$\eta = \frac{A_n}{A_c} \cdot 100\%.$$

Запомните!

$$\text{коэффициент полезного действия} = \frac{\text{полезная работа}}{\text{совершенная работа}} \times 100\%$$

Выразим работу через мощность: $A_n = N_n \cdot t$, $A_c = N_c \cdot t$, получим коэффициент полезного действия как отношение полезной мощности к полной:

$$\eta = \frac{N_n}{N_c} \cdot 100\%.$$

Запомните!

$$\text{коэффициент полезного действия} = \frac{\text{полезная мощность}}{\text{полная мощность}} \times 100\%$$

Задание

Докажите, что неподвижный блок, рычаг, наклонная плоскость не дают выигрыша в работе.

Эксперимент в классе

1. Определите работу, совершенную при подъеме бруска на высоту 0,3 м, используя динамометр.
2. Рассчитайте работу, совершенную при подъеме бруска на ту же высоту, с использованием наклонной плоскости.
3. Почему результат, полученный во втором случае, всегда больше, чем в первом?

Ответьте на вопросы

1. Почему КПД простых механизмов всегда меньше 100%?
2. Что необходимо сделать для увеличения КПД механизма?

ПРИМЕР

На коротком плече рычага подвешен груз массой 100 кг. Для его подъема к длинному плечу приложили силу 250 Н. Груз подняли на высоту 8 см, при этом точка приложения движущей силы опустилась на высоту 40 см. Определите КПД установки.

Дано:

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$F = 250 \text{ Н}$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 40 \text{ см}$$

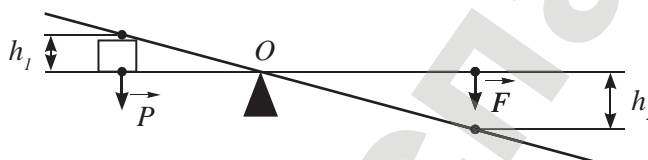
$$\eta - ?$$

СИ

$$0,08 \text{ м}$$

$$0,4 \text{ м}$$

Решение:



$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}} \cdot 100\%.$$

$$\text{Полная работа: } A_{\text{с}} = Fh_2.$$

$$\text{Полезная работа: } A_{\text{п}} = mgh_1.$$

$$\eta = \frac{mgh_1}{Fh_2} \cdot 100\%.$$

$$\eta = \frac{100 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,08 \text{ м}}{250 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м}} \cdot 100\% \approx 80\%.$$

Ответ: $\eta \approx 80\%$.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается «золотое правило» механики?
2. Какую работу называют полезной?
3. Какую работу принято считать полной, или совершенной?
4. Как определяется коэффициент полезного действия?
5. Как можно увеличить КПД простого механизма?

★ Упражнение 33

1. Груз массой 20 кг равномерно тянут по наклонной плоскости с силой 40 Н. Определите КПД наклонной плоскости, если ее длина – 2 м, а высота – 10 см.

- С помощью рычага подняли груз массой 150 кг на 1 м. При этом сила, приложенная к длинному концу рычага, совершила работу 2 кДж. Каков КПД рычага?
- Бадью с известковым раствором, масса которого 120 кг, поднимают на второй этаж строящегося дома при помощи подвижного блока. Сила, приложенная к веревке, равна 0,75 кН. Определите КПД установки.

Упражнение 33д

- Груз поднимают с помощью неподвижного блока, прикладывая силу 300 Н. Какова масса груза, если КПД блока составляет 70%.
- При равномерном перемещении груза массой 15 кг по наклонной плоскости, динамометр, привязанный к грузу, показывает силу, равную 40 Н. Вычислите КПД наклонной плоскости, если длина ее – 1,8 м; высота – 30 см.
- Конец ручки домкрата опускается под действием силы 150 Н за один ход на 20 см. Сколько качаний надо сделать, чтобы поднять автомобиль массой 3 т на 25 см? КПД домкрата – 80%.

Экспериментальное задание

Из подручного материала изготовьте подвижный блок, ворот, наклонную плоскость. Определите, КПД какого простого механизма наибольший.

Ответьте на вопросы

- Почему раньше матросы, загружая корабль, катили или тащили груз по доскам?
- Назовите простые механизмы, которые используются в подъемном кране (рис. 151).

Рис. 151. Морской порт в г. Актау



Итоги главы VIII

Основные формулы

Условие равновесия рычага	Выигрыш в силе для простых механизмов	КПД
$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ $M_1 = M_2$ $F_1 d_1 = F_2 d_2$	Ворот $\frac{P}{F} = \frac{R}{r}$ Наклонная плоскость $\frac{F_{\tau}}{F} = \frac{l}{h}$	$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}} \cdot 100\%$ $\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{с}}} \cdot 100\%$
Момент силы $M = Fd$	Подвижный блок $\frac{P}{F} = 2$ Простой полиспаст $F = \frac{P}{2n}$	

Законы, правила

«Золотое правило» механики:

Простые механизмы не дают выигрыша в работе. Во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии.

Глоссарий

Коэффициент полезного действия механизма – отношение полезной работы к полной работе.

Момент силы – это физическая величина, равная произведению силы на его плечо.

Плечо силы – это кратчайшее расстояние от оси вращения (точки опоры) тела до линии действия силы.

Простые механизмы – это приспособления, служащие для преобразования силы.

Условие равновесия рычага:

Рычаг находится в равновесии, если момент силы, вращающей рычаг по часовой стрелке, равен моменту силы, вращающей рычаг против часовой стрелки.

Рычаг находится в равновесии, если силы, действующие на него, обратно пропорциональны плечам этих сил.

Рычаг – это любое твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.

Центр масс – это точка пересечения прямых, вдоль которых должны быть направлены силы, чтобы тело двигалось поступательно.

Центр тяжести – это точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести, действующих на каждую точку тела.

Контрольный тест**Вариант 1А**

1. Точка пересечения прямых, вдоль которых должны быть направлены силы, чтобы тело двигалось поступательно.
 - А) Центр тяжести.
 - В) Центр тела.
 - С) Центр масс.
 - Д) Материальная точка.
2. Любое твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.
 - А) Рычаг.
 - В) Клин.
 - С) Блок.
 - Д) Ворот.
3. Кратчайшее расстояние от точки опоры до линии действия силы.
 - А) Отрезок.
 - В) Плечо.
 - С) Перпендикуляр.
 - Д) Колено.
4. Подвижный блок дает выигрыш в силе:
 - А) в два раза.
 - В) в четыре раза.
 - С) не дает выигрыша в силе.
 - Д) в шесть раз.
5. Отношение полезной работы к полной работе механизма называют:
 - А) мощностью.
 - В) коэффициентом полезного действия.
 - С) выигрышем в работе.
 - Д) коэффициентом трения.
6. Основная единица измерения плеча силы:
 - А) Дж.
 - В) Вт.
 - С) Н.
 - Д) м.
7. Укажите простой механизм, который дает больший выигрыш в работе.
 - А) Подвижный блок.
 - В) Ворот.
 - С) Наклонная плоскость.
 - Д) Ни один простой механизм не дает выигрыша в работе.

Вариант 2А

1. Точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести, действующих на каждую точку тела.
 - А) Центр тяжести.
 - В) Центр тела.
 - С) Центр масс.
 - Д) Материальная точка.
2. Произведение силы на ее плечо называют:
 - А) механической работой.
 - В) мощностью.
 - С) моментом силы.
 - Д) энергией.
3. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил, если:
 - А) силы, действующие на рычаг, обратно пропорциональны плечам.
 - В) силы, действующие на рычаг, прямо пропорциональны плечам.
 - С) силы, действующие на рычаг, прямо пропорциональны перемещению точек приложения сил.
 - Д) моменты сил обратно пропорциональны плечам.
4. Простые механизмы дают выигрыш в работе:
 - А) в два раза.
 - В) не дают выигрыша в работе.
 - С) в четыре раза.
 - Д) в шесть раз.
5. Основная единица измерения момента силы.
 - А) Дж.
 - В) Вт.
 - С) $\text{Н} \cdot \text{м}$.
 - Д) кВт.
6. Наклонная плоскость дает выигрыш в силе в пять раз. При этом наклонная плоскость дает:
 - А) проигрыш в расстоянии в пять раз.
 - В) выигрыш в расстоянии в пять раз.
 - С) проигрыш в расстоянии в 2,5 раз.
 - Д) выигрыш в расстоянии в 2,5 раз.
7. Центром масс любого треугольника является пересечение:
 - А) высот.
 - В) биссектрис.
 - С) медиан.
 - Д) высоты с основанием.

ГЛАВА IX

КОСМОС И ЗЕМЛЯ

Изучив главу, вы сможете:

- сравнивать геоцентрическую и гелиоцентрическую системы;
- систематизировать объекты Солнечной системы;
- объяснять смену времен года и длительность дня и ночи на разных широтах.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- дать определение геоцентрической и гелиоцентрической системам мира;
- пояснить модели мира Коперника и Галилея, модели с эпициклами Птолемея и Тихо Браге;
- сравнить взгляды ученых на мироздание;
- объяснить преимущество гелиоцентрической системы устройства мира;
- доказать на примере необходимость знаний истинного взаимодействия и движения небесных тел.

§ 37. Наука о небесных телах**I. Астрономия – наука о небесных телах**

В переводе с греческого языка «astro» – звезда, «nomos» – закон. Задача астрономии – *открыть законы, которым подчиняются явления, происходящие с небесными телами. К небесным телам относятся звезды, планеты, астероиды, кометы, метеоры.* Небесные тела образуют системы: *звездные системы, скопления, галактики.*

Астрономия – это наука, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

Изучая небесные тела, астрономия расширяет наши познания и о планете Земля. Например, химический элемент гелий сначала был обнаружен на Солнце и лишь только затем на Земле. В переводе с греческого языка «helios» означает «солнце», отсюда и название этого элемента – гелий.

II. Народная астрономия древнего мира

Первые научные труды появились 5 тысяч лет тому назад в *Древнем Египте*. Предметом исследования в основном были звезды. По звездам египтяне научились определять время возделывания земли и сбора урожая. В *Вавилоне* (1900–1300 гг. до н.э.) ученые исследовали движение планет. Цивилизация майя в *Центральной Америке* (900–300 гг. до н.э.) создала один из самых точных календарей. По точности он мог бы поспорить с современными календарями.

- Древние представления о мироздании

**Поясните слова!**

Небесные тела: звезды, планеты, астероиды, кометы, метеоры.



Большой вклад в развитие науки внесли ученые *Древней Греции*: **Фалес Милетский** (624–545 гг. до н.э.), **Пифагор** (ок. 570 – ок. 490 гг. до н.э.), **Платон** (427–347 гг. до н.э.), **Аристотель** (384–322 гг. до н.э.), **Архимед** (287–212 гг. до н.э.). Их называют философами, что в переводе с греческого языка означает «любящие мудрость». Они пытались найти ответы на вопросы: Как устроен мир? Из чего состоит вещество?

III. Первые представления о мироздании

Первые представления о мироздании были очень наивны. Люди считали, что Земля плоская и держится на трех китах. Небо над Землей представляет собой купол, по которому на колесницах движутся поочередно Солнце и Луна. Звезды прикреплены к куполу и неподвижны. Такое представление мира в средние века поддерживалось церковью, и любая попытка изменить эти взгляды каралась инквизицией.

IV. Геоцентрическая система мира

В ученом мире уже во времена Пифагора в VI веке до н.э. считали, что Земля имеет форму шара и ни на чем не держится. Но ученые не могли найти ответ на два вопроса: если Земля ни на чем не держится, то почему она не падает? Как люди ходят на обратной стороне шара?

Аристотель, считая Землю неподвижной, поставил ее в центр Вселенной (рис. 152). Он пояснил, что все тела стремятся к естественному центру, а люди в любом месте Земли стоят так, чтобы центр был под их ногами. Наблюдая за движением Солнца, Луны и пяти планет, видимых невооруженным глазом, и уже известных к тому времени, он создал геоцентрическую систему мира (от греч. «гео» – земля).



Аль-Бируни (973–1048), среднеазиатский ученый-энциклопедист. Родился в Хорезме. Писал на арабском языке труды по истории Индии, математике и астрономии, географии и топографии, физике, медицине, геологии и минералогии. Впервые на Среднем Востоке высказал мысль о том, что Земля движется вокруг Солнца. Проводя наблюдения Солнца во время полных солнечных затмений, предложил гипотезы о структуре солнечной короны. Бируни принадлежит метод определения радиуса Земли при наблюдении линии горизонта с горы.



Рис. 152. Геоцентрическая система мира



Рис. 153. Петлеобразное движение планет

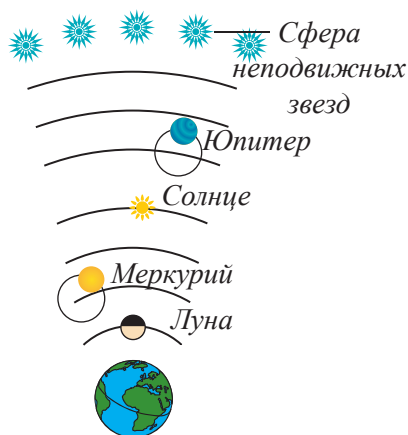


Рис. 154. Геоцентрическая система мира Птолемея

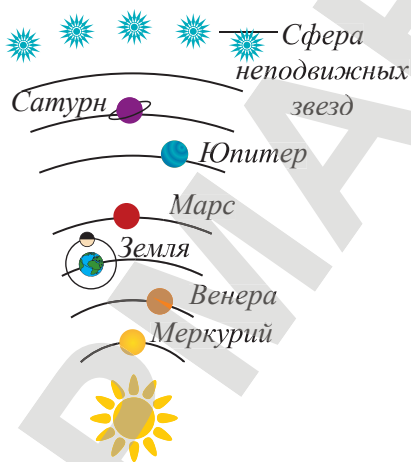


Рис. 155. Гелиоцентрическая система мира Коперника

Геоцентрическая система мира – это система, в центре которой находится Земля.

В центре системы находится Земля, вокруг Земли вращаются: Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн. Звезды находятся на последней сфере, они неподвижны. Система была несовершенна, ученые не могли объяснить видимое петлеобразное движение планет по небосводу. По какой-то причине планеты периодически начинали двигаться в обратном направлении (рис. 153).

Александрийский астроном **Клавдий Птолемей** (ок. 100 г. – ок. 170 г.) ввел поправку в движение планет. Он предположил, что вокруг Земли движется не сама планета, а некоторая вспомогательная окружность. Планета движется по этой малой окружности (рис. 154). Тем самым он объяснил движение планет в обратном направлении. Проходили столетия, в расчетах Птолемея накапливались неточности.

V. Гелиоцентрическая система мира

Польский астроном **Николай Коперник** (1473–1543) решил эту проблему очень просто и гениально. В своей книге «Об обращении небесных тел», изданной в 1543 году, он выдвинул смелую идею, что в центре Вселенной находится Солнце и создал гелиоцентрическую систему (от греч. «helios» – Солнце). В системе, предложенной Коперником, в центре находится Солнце, вокруг него вращаются планеты: Меркурий, Венера, Земля со своим спутником (Луной), Марс, Юпитер, Сатурн. Последняя сфера – сфера неподвижных звезд (рис. 155). Петлеобразное движение планет Коперник объяснил разной скоростью вращения планет вокруг Солнца. Земля то догоняет планету, то обгоняет ее. Таким образом, наблюдатель на Земле видит планету на фоне разных звезд, при этом направление его взгляда описывает петлю. Это так же, как если бы вы, догоняя прохожего, видели его на фоне одного здания, а, обогнав, увидели бы его на фоне другого здания. Стоит наблюдателю переместиться на Солнце, петлеобразное движение планет исчезнет.

Мысль о гелиоцентризме была выдвинута великим астрономом **Абу Райханом аль-Бируни**. Свои труды, основанные на наблюдениях и исследованиях, он обобщил в книге, написанной в 1031 году. Книга стала учебником астрономии на Среднем Востоке. Лишь в 1887 году был опубликован ее арабский оригинал в Лондоне, а в следующем году – английский перевод. Книга стала доступной для изучения в Европе.

Гелиоцентрическая система мира – это система, в центре которой находится Солнце.

VI. Открытия ученых Средневековья

Несмотря на то что в Средневековье борьба церкви против теории Коперника замедлила исследование движения небесных тел, было сделано немало открытий.

Джордано Бруно (1548–1600) утверждал, что Солнце – только центр Солнечной системы, а звезды – это такие же солнца, вокруг которых движутся планеты. За свои взгляды он был приговорен к казни.

Галилео Галилей (1564–1642) создал телескоп, обнаружил спутники Юпитера, пятна на Солнце, Млечный путь. Его открытия подтверждали учение Коперника. В 1633 г. суд инквизиции заставил ученого отречься от своих взглядов. Однако до конца своей жизни он продолжал развивать теорию о новой системе.

В Австрии **Иоганн Кеплер** (1571–1630) развил учение Коперника, открыв законы движения небесных тел вокруг Солнца.

В Англии **Исаак Ньютон** (1643–1727) опубликовал закон всемирного тяготения, уточнил законы Кеплера, что позволило определить массы планет.

Расчеты движения небесных тел по законам **Кеплера** привели к открытиям новых планет: в 1781 г. открыта планета Уран, в 1846 г. – планета Нептун, в 1930 г. – планета Плутон.



Ответьте на вопросы

1. Почему лунные и солнечные затмения можно считать доказательством шарообразности небесных тел?
2. Почему ученые длительное время считали звезды неподвижными небесными телами?
3. Почему ежедневно наблюдая движение Солнца вокруг Земли, мы говорим о движении Земли вокруг Солнца?

Контрольные вопросы

1. Какая система называется геоцентрической?
2. Какая система называется гелиоцентрической?
3. Кто является основателем геоцентрической системы?
4. Кто является основателем гелиоцентрической системы?

Творческие задания

1. Подготовьте доклад по темам: «Ученые-астрономы», «Небесные тела Солнечной системы», «Легенды казахского народа о звездах».
2. Составьте каталог названий созвездий на казахском языке.

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- назвать структуру Солнечной системы;
- охарактеризовать движение небесных тел Солнечной системы и их основные физические свойства: размеры, массу, плотность, расстояние от Солнца, температурный режим, наличие атмосферы.

§ 38. Солнечная система**I. Современные взгляды на строение Солнечной системы**

В конце XX – начале XXI в. появились сообщения об открытии десятой планеты. На право называться десятой планетой претендовали несколько небесных тел, обнаруженных астрономами. Размеры небесных тел были сравнимы с планетой Плутон (рис. 156). В 2006 году Международный Астрономический Совет (МАС) ввел определение термину «планета» и решил, что все открытые небесные тела относятся к поясу астероидов (малых планет). Планету Плутон, масса и размеры которой меньше массы и размеров планет Солнечной системы, было решено считать астероидом. Пояс астероидов получил название пояса Койпера.



Рис. 156. Астероиды пояса Койпера

Современная система мира имеет следующее строение: в центре Солнечной системы находится звезда Солнце. Вокруг вращаются планеты земной группы: Меркурий, Венера, Земля, Марс и планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Планеты земной группы имеют твердую поверхность, планеты-гиганты представляют собой огромные газообразные шары. У всех планет, кроме Меркурия и Венеры, есть спутники. Спутник Земли – Луна. Каждую группу планет охватывают пояса астероидов (рис. 157). Внешний пояс назван поясом Койпера. Солнечная система входит в нашу Галактику – «Млечный путь». Наша Галактика состоит из звезд, вокруг которых могут вращаться планеты. Звезды вместе с Галактикой движутся во Вселенной.



Рис. 157. Строение Солнечной системы

II. Спутники планет

Все планеты Солнечной системы, за исключением Меркурия и Венеры, имеют спутники. Число спутников насчитывается от одного для Земли до 67 для Юпитера. У Марса – два спутника, у Сатурна – 63, у Урана – 27, у Нептуна – 14. Наименьший спутник Деймос – спутник планеты Марс, его диаметр около 11 км (*рис. 158*). Наибольший спутник Ганимед у планеты Юпитер, его диаметр – 5262 км, что превышает размеры планеты Меркурий.

Все спутники вращаются вокруг своих планет, а также вращаются вокруг собственной оси. Луне требуется около 27,3 земных суток, чтобы сделать одно полное обращение вокруг Земли. Время одного оборота Луны вокруг Земли такое же, как и одного оборота вокруг собственной оси, поэтому Луна обращена к Земле всегда одной и той же стороной.

Большинство спутников состоят в основном из камня и льда. Они менее плотные, чем планеты и не имеют металлического ядра. У некоторых спутников есть плотная атмосфера, например у спутника Сатурна – Титана. На поверхности большинства спутников есть кратеры, глубокие расколы долин и гигантские разломы. Крупнейшие четыре спутника Юпитера: Ганимед, Ио, Европа, Каллисто – известны как спутники Галилея, они были впервые обнаружены астрономом Галилео Галилеем в 1600-х годах. Ио представляет особый интерес, потому что это был первый спутник, на котором космический

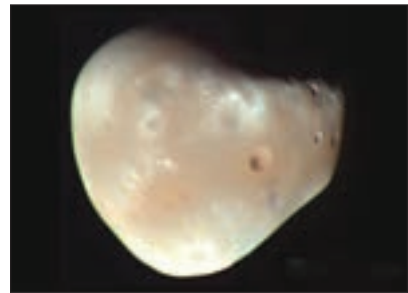


Рис. 158. Спутник Марса – Деймос



Рис. 159. Спутник Юпитера – Европа



Рис. 160. Самый крупный астероид Веста

аппарат Вояжер обнаружил массивные вулканические кратеры, извергающие расплавленную серу на сотни километров в космос. Другой спутник, который представляет интерес, – это Европа, на снимках он выглядит, как замороженный ледяной шар (рис. 159). Астрономы считают, что подо льдом может быть жидкий океан, в котором возможны примитивные формы жизни.

III. Астероиды

Астероиды представляют собой скалистые обломки, образовавшиеся при формировании нашей Солнечной системы. Сила притяжения Юпитера, вызывая столкновения малых тел, препятствовала созданию вблизи него планет. Из обломков малых тел образовались астероиды, большую часть которых можно найти на орбите Солнца, между Марсом и Юпитером в главном Поясе астероидов. Пояс состоит примерно из 1,1–1,9 млн астероидов, размером более 1 км в диаметре, и миллионов других мелких астероидов, ширина которых не превышает 10 м. Самый крупный астероид в Солнечной системе – Веста (рис. 160). Более чем 150 астероидов имеют один или два спутника.

Астероид – небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца.

Астероиды не имеют атмосферы. Большинство астероидов имеют неправильную форму, с вмятинами и кратерами. Астероиды представляют собой твердые объекты, состоящие из глины, силикатных пород и никеля. Общая масса всех астероидов Солнечной системы меньше, чем масса Луны.

Как правило, астероиды имеют не очень вытянутые орбиты, но часть из них пересекает земную орбиту. По состоянию на 19 июня 2013 года, известно 10 003 околоземных астероида, 861 из которых имеет диаметр более 1 км, а 1409 астероидов считаются потенциально опасными для нашей планеты.

IV. Кометы

Комета (от греч. – «волосатый, косматый») – небольшое небесное тело, которое движется вокруг Солнца по вытянутой орбите. Кометы очень похожи на астероиды, но содержат больше льда, метана, аммиака, которые при приближении к Солнцу испаряются, образуя хвост из газа и пыли. Предположительно, кометы залетают из окраин Солнечной системы:



Рис. 161. Комета Галлея

из пояса Койпера или облака Оорта. Наиболее изученной по составу и периоду движения является комета Галлея (рис. 161). Орбитальный период кометы составляет около 76 лет.

V. Метеоры и болиды, метеориты

Метеор (от греч. – «падающая звезда») – явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких тел, например осколков комет или астероидов (рис. 162). Часто метеоры группируются в метеорные потоки, появляющиеся в определенное время года, в определенной стороне неба (рис. 163). Метеор большой интенсивности называют **болидом**. При входе в атмосферу Земли метеор (болид) оставляет хвост из пыли и ионизованных газов. Крупные болиды можно наблюдать днем. От болида могут отделяться и упасть на Землю **метеориты** (рис. 164). Их размер может колебаться примерно от долей грамма до 100 килограммов или более. Метеорное тело входит в атмосферу Земли на скорости около 11–25 км/с. При такой скорости вхождения в атмосферу из десятков и сотен тонн начальной массы до Земли долетает всего несколько килограммов или даже граммов вещества. Следы сгорания метеорного тела в атмосфере можно найти на протяжении почти всей траектории его падения. Полет может сопровождаться звуком и нарушением радиосвязи.

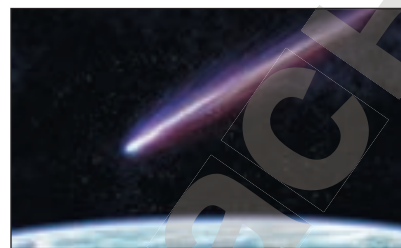


Рис. 162. Метеор

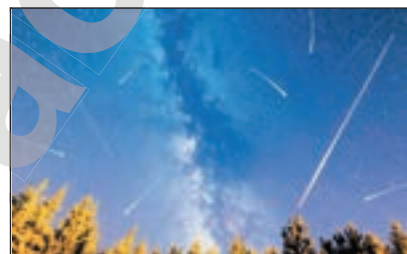


Рис. 163. Метеорный поток



Рис. 164. Метеориты

Контрольные вопросы

1. Каковы современные взгляды на строение Солнечной системы?
2. У каких планет Солнечной системы нет спутников?
3. Какие спутники планет привлекают внимание астрономов? Почему?
4. В чем различие астероидов от комет?
5. Какое явление принято называть метеором, какое – болидом?
6. Почему болид представляет опасность для Земли?
7. Что называют метеоритом?

Творческое задание

Подготовьте творческий отчет по теме «Путешествие по небесным телам Солнечной системы».

Ожидаемый результат

Изучив параграф, вы сможете:

- объяснить смену дня и ночи, различную продолжительность дня и ночи на различных широтах, смену времен года;
- связать продолжительность суток, месяца и года с движением небесных тел;
- объяснить принцип создания календарей;
- назвать проблемы, которые затрудняют создание календаря, и хранение точного времени.

§ 39. Основы календаря**I. Календарь – система отсчета длительных промежутков времени**

Календарь является вещью привычной и даже обыденной. Это древнейшее изобретение человека фиксирует дни и месяцы года.

В основе всякого календаря лежат астрономические явления: смена дня и ночи, изменение лунных фаз и смена времен года. Эти явления дают три основные единицы измерения времени: солнечные сутки, лунный месяц и солнечный год.

Календарь – это система счисления больших промежутков времени, основанная на периодичности движения небесных тел.

За одни сутки, длящиеся 24 часа, Земля совершает один полный оборот вокруг собственной оси. За год она совершает один оборот вокруг Солнца. Земля проходит свой путь за 365 суток 5 часов 48 минут 46 секунд. Следовательно, целого числа суток не существует.

Стремление хотя бы до некоторой степени согласовать между собой сутки, месяц и год привело к тому, что в разные эпохи были созданы три рода календарей:

- солнечные, основанные на движении Солнца, в которых стремились согласовать между собою сутки и год;
- лунные, основанные на движении Луны, целью которых являлось согласование суток и лунного месяца;
- лунно-солнечные, в которых были сделаны попытки согласовать между собою все три единицы времени.

II. Солнечный календарь

За продолжительность года в солнечных календарях принят один полный оборот Земли вокруг Солнца, этот промежуток времени был назван *тропическим годом*.

Продолжительность года несоизмерима с сутками, поэтому составление календаря, удобного для использования, всегда вызывало затруднение. При составлении календаря необходимо продолжительность календарного года приблизить к продолжительности тропического года, при этом он должен содержать целое число суток. В Египте пользовались солнечным календарем, в котором год составлял триста шестьдесят пять суток. Он состоял из двенадцати месяцев

**Ответьте на вопросы**

Используя справочную литературу, ответьте:

1. С какого момента начинаются сутки?
2. На каком меридиане происходит смена даты?
3. В какой точке орбиты находится Земля в начале календарного года?
4. Почему лето в Южном полушарии (в Африке) жарче, чем в Северном?

по тридцать дней, по истечении которых добавлялось еще пять дней. Следующий год начинался на 5 часов 48 минут 46 секунд раньше, поэтому времена года смещались по дням календаря. Необходимо было ввести поправки. Наиболее удачными солнечными календарями стали юлианский календарь и григорианский. Они получили признание и широкое применение в большинстве стран мира.

1. Юлианский календарь. Юлианский солнечный календарь был разработан александрийским астрономом Созигеном. Он был введен в Риме Юлием Цезарем в 46 г. до н.э. В этом календаре каждые три года содержали по 365 суток, а четвертый год – 366 суток. Этот год называли *високосным*. Високосными были те годы, номера которых делились без остатка на 4. Средняя продолжительность в этом календаре составляет 365 суток 6 часов, или 365,25 суток, это больше продолжительности тропического года на 11 минут. Время, отсчитанное по юлианскому календарю, отставало от истинного времени примерно на трое суток за каждые 400 лет. К XVI веку смещение времени составило 10 суток.

2. Григорианский календарь. В 1582 г. Папой Римским Григорием XIII была проведена реформа календаря: 5 октября было объявлено, что это 15 октября. Годы, у которых число сотен не делится на четыре, решили считать простыми, невисокосными. Такими годами стали 1700, 1800, 1900, 2100 гг. В григорианском календаре ошибка в одни сутки накапливается за 3300 лет. На территории бывшего Советского Союза григорианский календарь был принят в 1918 г. Ошибка исчисления времени по юлианскому календарю к этому времени составила 13 суток.

III. Смена времен года на Земле

Ось Земли составляет с плоскостью орбиты угол $23^{\circ} 27'$. Солнечные лучи падают на поверхность Земли под разными углами (рис. 165). Поверхность прогревается сильнее, если лучи падают под прямым углом, лучи, направленные по касательной к поверхности, не прогревают ее. Поэтому на полюсах Земли снег не тает даже в летние месяцы. Жарче всего на экваторе. При смещении Земли по орбите, в течение полугода Северное полушарие получает большую часть солнечного тепла, предоставляя солнечным лучам большую поверхность, чем Южное. То же самое происходит с Южным полушарием в течение другой половины года. Если на Северном полушарии зима, то на Южном полушарии в это время – лето.

Эксперимент в классе

Соедините три теплоприемника с манометрами. Расположите их под разными углами к источнику света или солнечным лучам. Проверьте изменение уровней жидкости в манометрах. С каким из теплоприемников соединен манометр, в котором разница уровней максимальная.

Ответьте на вопросы

1. Как изменится климат на Земле, если изменится угол наклона оси вращения Земли к плоскости вращения? При каком значении угла изменение климата на планете не происходит?
2. Сколько было бы дней в году, если бы суточное вращение Земли происходило в обратном направлении?
3. При каком условии на планете год равен суткам?

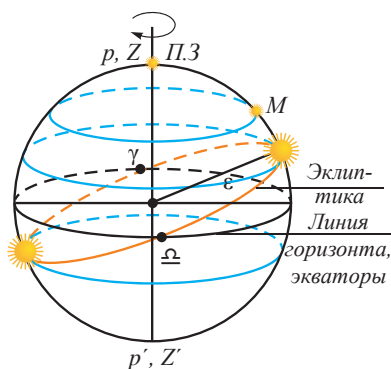


Рис. 166. Суточное вращение Солнца на полюсах параллельно линии горизонта

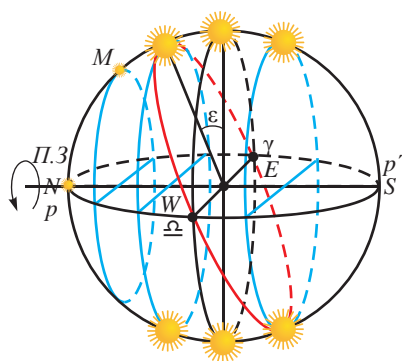
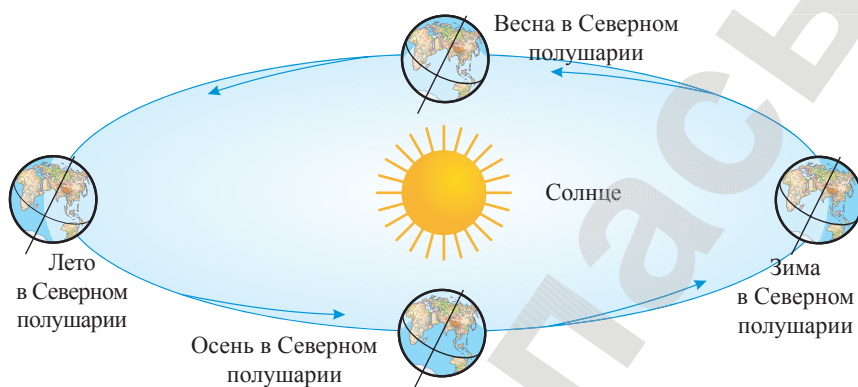


Рис. 167. Суточное вращение Солнца на экваторе перпендикулярно линии горизонта

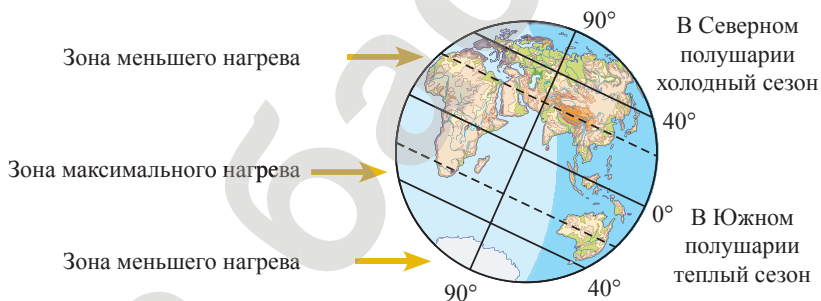


Рис. 165. Лучи Солнца падают на Землю под разными углами

Середина нашей планеты, где проходит экватор, получает солнечную энергию равномерно в течение всего года, потому температура здесь всегда высокая в течение всего года. Чем дальше от экватора, тем отчетливее происходит смена времен года. В этих широтах лето обычно жаркое, а зима снежная и холодная.

Жизнь природы, а вместе с ней вся трудовая деятельность людей связана не только со сменой дня и ночи, но и сменой времен года. Поэтому в повседневной жизни нам необходим точный календарь.

IV. Длительность дня и ночи на разных широтах

Суточное вращение звезд на различных широтах Земли отличается. Находясь на полюсах Земли, можно наблюдать, как Солнце в течение суток совершает полный оборот вокруг Земли, не меняя высоты подъема (рис. 166). Изменение высоты можно обнаружить в результате наблюдений в течение нескольких дней. Солнце не заходит за линию горизонта полгода. Если на Северном полюсе день, то на Южном полюсе наступает ночь. Они длятся по полгода.

На экваторе в любой день года продолжительность дня и ночи составляет 12 часов. При этом Солнце восходит

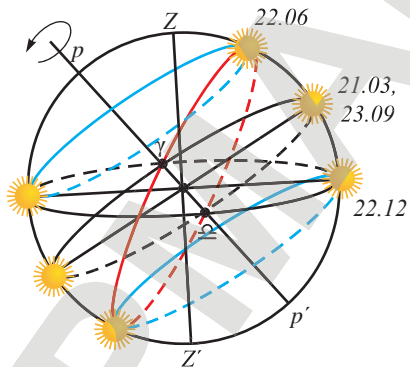


Рис. 168. Суточное вращение Солнца на средних широтах

по отношению к линии горизонта строго вертикально и также вертикально заходит (рис. 167). На экваторе не бывает сумерек. После захода Солнца мгновенно наступает ночь.

В средних широтах Солнце в результате суточного вращения небосвода меняет высоту над линией горизонта (рис. 168). Максимальная высота подъема Солнца, которая соответствует полудню, в различные месяцы года отличается. Максимальная высота подъема Солнца над горизонтом в Северном полушарии наблюдается 22 июня, в день летнего солнцестояния. Минимальная высота подъема наблюдается в день зимнего солнцестояния, 22 декабря. Самый длинный день и самая короткая ночь для жителей средних широт наступают 22 июня. В дни весеннего и осеннего равноденствия продолжительность дня и ночи одинакова, равна 12 часам.

Контрольные вопросы

1. Для чего служит календарь?
2. Что вошло в основу создания календарей?
3. Что общего и в чем различие юлианского и григорианского календарей?
4. В чем основная причина смены времен года на Земле?
5. Почему продолжительность дня и ночи на различных широтах отличается?

Творческие задания

1. Подготовьте сообщение о лунных и солнечно-лунных календарях.
2. Разработайте авторский календарь.

Итоги главы IX

Глоссарий

Астероид – небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца.

Астрономия – это наука, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

Гелиоцентрическая система мира – это система, в центре которой находится Солнце.

Геоцентрическая система мира – это система, в центре которой находится Земля.

Календарь – это система счисления больших промежутков времени, основанная на периодичности движения небесных тел.

Комета (от греч. – «волосатый, косматый») – небольшое небесное тело, которое движется вокруг Солнца по вытянутой орбите.

Метеор (от греч. – «падающая звезда») – явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких тел.

Контрольный тест**Вариант 1**

1. Наука, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.
 - А) Астрономия.
 - В) Космогония.
 - С) Небесная механика.
 - Д) Астрофизика.
2. Система, в центре которой находится Земля.
 - А) Система Коперника.
 - В) Геоцентрическая.
 - С) Гелиоцентрическая.
 - Д) Система Кеплера.
3. Ученый, создавший телескоп и впервые обнаруживший спутники планет.
 - А) Н. Коперник.
 - В) Г. Галилей.
 - С) И. Ньютон.
 - Д) И. Кеплер.
4. Планеты-гиганты.
 - А) Юпитер, Меркурий, Уран, Нептун.
 - В) Юпитер, Сатурн, Венера, Нептун.
 - С) Земля, Сатурн, Уран, Нептун.
 - Д) Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.
5. Наименьший по размеру спутник планет Солнечной системы.
 - А) Ио.
 - В) Ганимед.
 - С) Европа.
 - Д) Деймос.
6. Небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца.
 - А) Планета.
 - В) Комета.
 - С) Астероид.
 - Д) Метеор.
7. Ошибка исчисления времени по юлианскому календарю.
 - А) 13 суток.
 - В) 3 суток за 400 лет.
 - С) 1 сутки за 3300 лет.
 - Д) 5 часов 48 минут 46 секунд.

Вариант 2

1. Система небесных тел.
 - A) Планета.
 - B) Галактика.
 - C) Астероид.
 - D) Метеор.
2. Система, в центре которой находится Солнце.
 - A) Система Птолемея.
 - B) Геоцентрическая.
 - C) Гелиоцентрическая.
 - D) Система Аристотеля.
3. Ученый, открывший закон всемирного тяготения.
 - A) Н. Коперник.
 - B) Г. Галилей.
 - C) И. Ньютон.
 - D) И. Кеплер.
4. Планеты земной группы.
 - A) Меркурий, Венера, Земля, Нептун.
 - B) Земля, Марс, Венера, Нептун.
 - C) Земля, Сатурн, Меркурий, Венера.
 - D) Меркурий, Венера, Земля, Марс.
5. Наибольший по размеру спутник планет Солнечной системы.
 - A) Ио.
 - B) Ганимед.
 - C) Европа.
 - D) Деймос.
6. Небесное тело, движущееся по вытянутой орбите вокруг Солнца, содержащее легкоиспаряющиеся вещества: лед, аммиак и метан.
 - A) Планета.
 - B) Комета.
 - C) Астероид.
 - D) Метеор.
7. Ошибка исчисления времени по григорианскому календарю.
 - A) 13 суток.
 - B) 10 суток за 400 лет.
 - C) 1 сутки за 3300 лет.
 - D) 5 часов 48 минут 46 секунд.

Приложения

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ТАБЛИЦЫ

- В лабораторных работах указаны цели их проведения, необходимое оборудование, приведено описание хода работы с рисунками, таблицами и расчетными формулами.
- Таблицы физических величин: кратные, дольные приставки; плотность твердых тел, жидкостей, газов.

Приложение 1. Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1.

Измерение физических величин

Цель работы: измерять длину, объем тела, температуру и время; записывать результаты измерений с учетом погрешности.

Приборы и материалы: линейка, термометр, часы, измерительный цилиндр (мензурка); сосуд с водой; два сосуда, объем которых необходимо измерить; брусок, цилиндр из набора калориметрических тел; два тела неправильной формы, одно из них большого размера; отливной сосуд, стакан, нитки.

Задание 1. Определение цены деления измерительных приборов: линейки, термометра, часов, мерного цилиндра (мензурки).

Указания к работе:

1. Рассмотрите шкалы измерительных приборов. Запишите в таблицу единицы измерения, нанесенные на шкале соответствующих приборов.

Примечание: на шкалах приборов, получивших широкое применение, единицы измерения не указаны.

2. Определите цену деления (ц. д.) шкал приборов.

Выберите два ближайших штриха шкалы с числовыми значениями (рис. 1). Из большего значения вычтите меньшее значение. Результат разделите на число делений между значениями. Результаты занесите в таблицу.

$$\text{ц. д.} = \frac{a - b}{n},$$

где a – большее значение; b – меньшее значение; n – число делений между ближайшими значениями шкалы.

3. Определите погрешность измерения по формуле:

$$\Delta A = \frac{\text{Ц. д.}}{2},$$

где ΔA – абсолютная погрешность любой физической величины. Результаты занесите в таблицу.

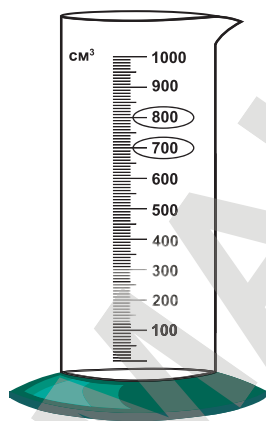


Рис. 1

Прибор	Измеряемая величина	Единица измерения	Цена деления	Погрешность измерения
Линейка				
Термометр				
Часы				
Мензурка				

Задание 2. Определение размеров тел правильной формы.

Указания к работе:

- Используя линейку, определите габариты бруска: длину l , ширину b , высоту h , диаметр основания D , высоту цилиндра H .
- Запишите полученные результаты с учетом погрешности:

$$A = A_{\text{изм.}} \pm \Delta A.$$

Измеряемая величина	Значение величины	Значение величины с учетом погрешности
Длина, l		
Ширина, b		
Высота, h		
Диаметр основания, D		
Высота цилиндра, H		

Задание 3. Определение объема воды, температуры и промежутка времени, за которое выполнены измерения.

Указания к работе:

- Зафиксируйте время начала выполнения задания.
- Налейте в мензурку некоторое количество воды и определите его объем $V_{\text{изм.}}$.

Примечание: При определении объема жидкости глаз человека должен находиться на уровне жидкости (рис. 2).

- Запишите значение объема жидкости с учетом погрешности по формуле:

$$V = V_{\text{изм.}} \pm \Delta V.$$

- Определите температуру воздуха в кабинете. Измерьте температуру, опустив термометр в жидкость. Сравните значения температур. Запишите значения температур с учетом погрешности измерения.

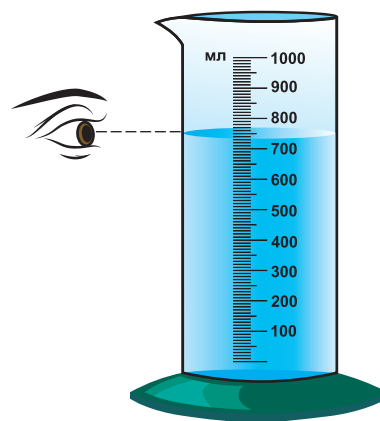


Рис. 2

5. Определите момент времени завершения измерений. Определите продолжительность выполнения задания. Время начала и конца выполнения задания запишите с учетом погрешности измерения.

Измеряемая величина	Значение величины	Значение величины с учетом погрешности
Объем воды		
Температура воздуха		
Температура воды		
Разность температур		
Время начала работы		
Время конца работы		
Продолжительность работы		

Задание 4. *Определение объема сосуда.*

Указания к работе:

1. Наполните первый сосуд водой, затем перелейте воду в мензурку и определите ее объем.
2. Внесите результат в таблицу с учетом погрешности измерения.
3. Повторите измерение для второго сосуда. Заполните таблицу.

№ опыта	Цена деления, см ³	Погрешность измерения, см ³	Результат измерений с учетом погрешности, см ³
1			
2			

Задание 5 (дополнительное). *Определение объема тела с помощью мензурки.*

Указания к работе:

1. Налейте в мензурку воду, ее должно быть достаточно для полного погружения тел, объемы которых вам нужно измерить. Определите объем воды V_1 , результат запишите в таблицу.
2. Опустите в мензурку цилиндр, удерживая его за привязанную к нему нить. Определите объем воды в мензурке вместе с цилиндром V_2 .
3. Рассчитайте объем цилиндра, определив разность объемов $V = V_2 - V_1$.

- Результат измерений занесите в таблицу.
- Повторите измерения для тела неправильной формы малых размеров.

№ опыта	Исследуемое тело	Начальный объем воды V_1 , см ³	Общий объем воды и тела V_2 , см ³	Объем тела V , см ³
1	Цилиндр			
2	Тело неправильной формы			

Задание 6 (дополнительное). Измерение объема тела неправильной формы большого объема (превышающего размеры мензурки).

Указания к работе:

Способ 1. Для определения объема тела, которое не помещается в измерительный цилиндр, воспользуйтесь отливным сосудом, размеры которого превышают размеры исследуемого тела (рис. 3).

- Заполните отливной сосуд до уровня трубки, из которой будет выливаться вытесненная вода. Под трубку поставьте стакан.
- Погрузите в отливной сосуд тело неправильной формы до его полного погружения.
- Вылившуюся в стакан воду перелейте в измерительный цилиндр и определите ее объем. Объем вытесненной телом воды равен объему тела.
- Запишите с учетом погрешности полученный результат V_T .

Вывод.

Сделайте вывод о записи результатов при прямом измерении с учетом погрешности, о разнообразии измерений, производимых с помощью мензурки. Предложите свои варианты использования ее как измерительного прибора.

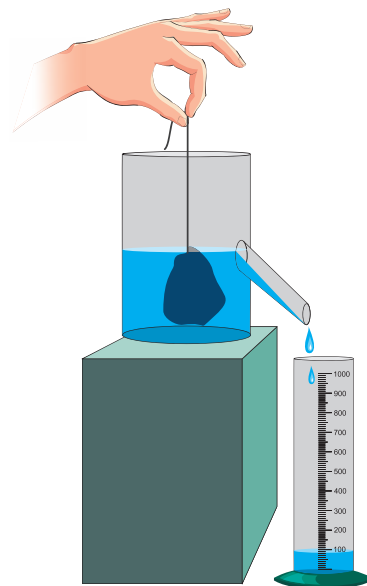


Рис. 3

Контрольные вопросы!

- Как определяют цену деления измерительного прибора?
- Что измеряют с помощью мензурки?
- Как определить объем налитой жидкости в мензурку?
- Как определяют объем тела неправильной формы, если он не вмещается в измерительный цилиндр?

Лабораторная работа № 2.**Определение размеров малых тел методом рядов**

Цель работы: научиться выполнять измерения методом рядов.

Приборы и материалы: две линейки с миллиметровыми делениями; набор малых тел: горошины, пшено, шарики от шарикоподшипников одинакового диаметра; куски проволоки, нитки, винт, шуруп, гайка.

Способ рядов заключается в том, что некоторое количество тел малых размеров выкладывается в один ряд плотно друг к другу. Для определения размера одного тела длину ряда делят на их количество.

Задание 1. Измерение диаметра шарика, размеров горошины и пшена.

Указания к работе:

1. Положите на стол две линейки, как показано на *рис. 4*, и выложите в ряд N шариков.
2. Измерьте длину ряда в миллиметрах.
3. Найдите диаметр одного шарика по формуле:

$$d_{\text{ш}} = \frac{L}{N}.$$

Запишите результат с точностью до сотых долей миллиметра.

4. Повторив пункты 1–3, найдите размеры горошины и пшена:

$$d_{\text{г}} = \frac{L}{N}.$$

$$d_{\text{п}} = \frac{L}{N}.$$

5. Определите погрешность измерения для каждого случая по формулам:

$$\Delta d_{\text{ш}} = \frac{\text{ц. д.}}{2N};$$

$$\Delta d_{\text{г}} = \frac{\text{ц. д.}}{2N};$$

$$\Delta d_{\text{п}} = \frac{\text{ц. д.}}{2N};$$

где N – это число измеряемых частиц.



Рис. 4

6. Результаты занесите в таблицу.

№ опыта	Исследуемое тело	Число частиц в ряду N , шт.	Длина ряда L , мм	Диаметр частицы d , мм	Результат с учетом погрешности измерения $d \pm \Delta d$, мм
1	Шарик				
2	Горох				
3	Пшено				
4	Проволока				
5	Нить				

Задание 2. Измерение диаметра проволоки, нити.

Указания к работе:

- На карандаш намотайте плотную друг к другу N витков проволоки, как показано на рис. 5.
- Измерьте длину получившегося ряда L и определите толщину одного витка по формуле:

$$d_{\text{пр}} = \frac{L}{N}.$$

Толщина витка равна диаметру проволоки.

- Рассчитайте погрешность измерения:

$$\Delta d_{\text{пр}} = \frac{\text{ц. д.}}{2N}.$$

- Повторите измерение для нити:

$$d_{\text{н}} = \frac{L}{N}.$$

$$\Delta d_{\text{н}} = \frac{\text{ц. д.}}{2N}.$$

- Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу.

Задание 3 (дополнительное). Измерение шага резьбы винта и шурупа.

Шагом резьбы винта называется расстояние между двумя соседними витками резьбы.

Указания к работе:

- Для определения шага резьбы винта измерьте линейкой длину всей резьбы винта (рис. 6).
- Подсчитайте количество витков резьбы.
- Определите шаг резьбы винта по формуле:

$$d = \frac{L}{N}.$$

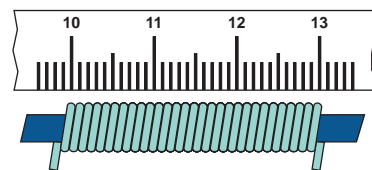


Рис. 5

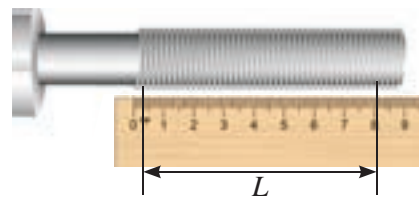


Рис. 6

4. Результаты измерения занесите в таблицу с учетом погрешности:

$$\Delta d = \frac{\text{ц. д.}}{2N}.$$

5. Повторите измерения для шурупа:

$$d = \frac{L}{N}.$$

$$\Delta d = \frac{\text{ц. д.}}{2N}.$$

№ опыта	Исследуемое тело	Длина резьбы L , мм	Число витков N , шт.	Шаг резьбы с учетом погрешности $d \pm \Delta d$, мм
1	Винт			
2	Шуруп			

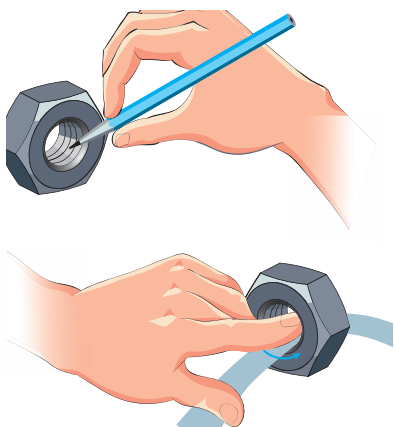


Рис. 7

Задание 4 (дополнительное). Измерение шага резьбы гайки.

Для определения шага резьбы гайки можно воспользоваться следующим приемом – перенести рисунок резьбы на бумагу. Для этого аккуратно нанесите графит от мягкого карандаша на резьбу изнутри, введите внутрь гайки полоску бумаги, как показано на рис. 7, и получите отпечаток резьбы.

Указания к работе:

1. Измерьте длину участка с наиболее четким рисунком.
2. Сосчитайте число витков на этом участке.
3. Определите шаг резьбы гайки:

$$d = \frac{L}{N}.$$

4. Определите погрешность измерения:

$$\Delta d = \frac{\text{ц. д.}}{2N}.$$

5. Запишите ответ с учетом погрешности измерения.

Вывод.

Сделайте вывод о точности метода измерения размеров малых тел с использованием способа рядов, сравнив его с прямым измерением физических величин.

Контрольные вопросы

1. Для чего используют способ рядов? В чем он заключается?
2. Почему погрешность измерения с увеличением числа частиц в ряду уменьшается?

Лабораторная работа № 3.

Определение плотности жидкостей и твердых тел

Цель работы: научиться определять плотность жидкостей и твердого тела с помощью рычажных весов, линейки и измерительного цилиндра.

Приборы и материалы: рычажные весы, разновес, образцы твердых тел различной формы: в виде параллелепипеда, неправильной формы; мензурка, линейка с миллиметровыми делениями.

Задание 1. Определение массы жидкости и твердых тел прямым измерением.

Указания к работе:

1. Подготовьте рычажные весы для измерения. Указатель весов должен показывать нулевое значение (рис. 8).

Примечание: если указатель не установлен на нулевое значение шкалы, то для уравнивания весов можно воспользоваться листочками бумаги. В некоторых моделях весов для этой цели закреплены винты с гайками. Закручивая, либо откручивая гайку, можно добиться нулевого показания указателя.

2. Сосуд для жидкости опустите на левую чашку весов. На другую чашку весов, используя пинцет, положите такое количество гирек, которое вернет указатель весов на нулевую отметку.
3. Подсчитайте сумму значений масс всех гирь, находящихся на чашке весов.
4. Запишите результат измерений, равный массе сосуда, в таблицу.
5. Налейте в сосуд жидкость. Используя гири, вновь приведите весы в равновесие.
6. Подсчитайте массу всех гирь, равную массе жидкости с сосудом.
7. Рассчитайте массу жидкости, определив разность двух измерений.

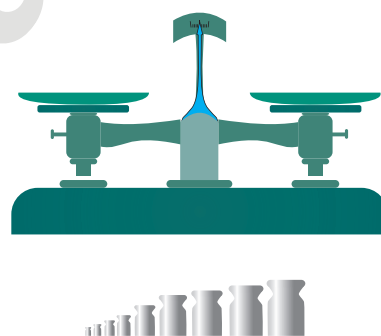


Рис. 8

№ опыта	Масса сосуда, г	Масса сосуда с жидкостью, г	Масса жидкости, г	Масса жидкости, кг

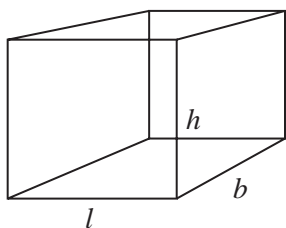


Рис. 9

8. Тело, массу которого нужно определить, положите на чашку весов. На другую чашку весов положите такое количество гирь, которое вернет указатель весов на нулевую отметку.
9. Просуммируйте массу всех гирек, находящихся на чашке весов.
10. Запишите результаты измерений в таблицу.

№ опыта	Взвешиваемое тело	Масса тела, г	Масса тела, кг
1	Параллелепипед		
2	Тело неправильной формы		

Задание 2. Определение объема жидкости и твердых тел.

Указания к работе:

1. Перелейте жидкость из сосуда в мензурку, определите ее объем в см^3 (мл).
2. Выразите полученный результат в м^3 .
3. Для определения объема параллелепипеда измерьте линейкой его ребра: l , b и h (рис. 9).
Рассчитайте значение объема в см^3 по формуле:
$$V = l \cdot b \cdot h.$$
4. Выразите полученный результат в м^3 .
5. Объем тела неправильной формы определите с помощью мензурки (рис. 10) по формуле:
$$V = V_2 - V_1.$$
6. Выразите полученный результат в м^3 .

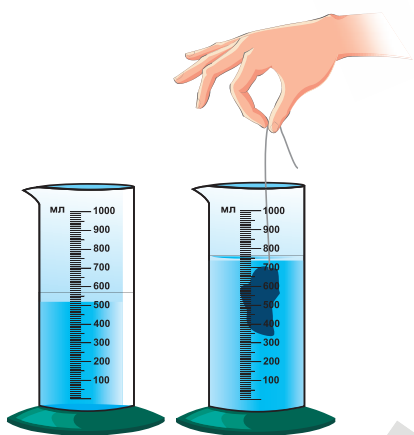


Рис. 10

Задание 3. Определение плотности жидкости и твердых тел.

Указания к работе:

1. Рассчитайте плотность тела по результатам измерений и вычислений, проведенных в заданиях 1–4, используя формулу $\rho = \frac{m}{V}$. Определите плотность в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.
2. Результат расчетов занесите в таблицу, запишите полученный результат в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

№ п/п	Тело	Плотность вещества, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Плотность вещества, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Название жидкости и веществ, из которых сделаны тела
1	Жидкость			
2	Параллелепипед			
3	Тело неправильной формы			

3. По полученным результатам, используя таблицу плотностей, определите названия жидкости и веществ, из которых сделаны тела. Запишите названия веществ в таблицу.

Вывод.

Дайте оценку полученным результатам, предположив, из какого вещества состоит тело по его виду и физическим свойствам.

Контрольные вопросы

1. Почему весы перед взвешиванием тел необходимо уравновесить?
2. Почему гири при взвешивании необходимо брать с помощью пинцета?
3. Почему на весы нельзя класть мокрые предметы?

**Лабораторная работа № 4.
Изучение упругих деформаций**

Цель работы: определить коэффициент жесткости по графику зависимости силы упругости от удлинения.

Приборы и материалы: набор грузов, масса каждого равна $m = 0,100$ кг; линейка с миллиметровыми делениями, штатив с муфтами и лапкой; спиральная пружина (пружинный динамометр).

Задание 1. Измерение удлинения пружины при различных значениях силы тяжести.

Указания к работе:

1. Закрепите на штативе конец спиральной пружины, другой конец пружины необходимо снабдить стрелкой-указателем и крючком (рис. 11). При выполнении работы допускается использовать пружинный динамометр.

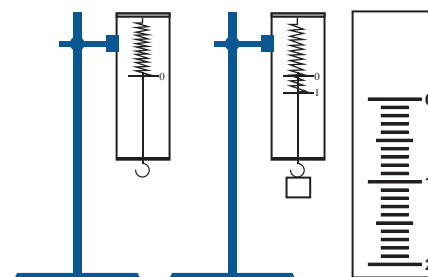


Рис. 11

2. Рядом с пружиной установите и закрепите линейку с миллиметровыми делениями.
3. Отметьте деление линейки, на которое указывает стрелка пружины.
4. Подвесьте к пружине груз известной массы и измерьте вызванное им удлинение пружины.
5. К первому грузу добавьте второй, третий и т.д. грузы, записывая каждый раз удлинение пружины. По результатам измерений заполните таблицу.

№ опыта	Масса груза m , кг	Сила тяжести $F = mg$, Н	Сила упругости	Удлинение пружины $ x $, м

Примечание: В каждом из опытов жесткость определяется при разных значениях силы упругости и удлинения, т.е. условия опыта меняются. Поэтому для нахождения среднего значения жесткости нельзя вычислить среднее арифметическое результатов измерений. Воспользуемся графическим способом нахождения среднего значения, который может быть применен в таких случаях.

Задание 2. Построение графика зависимости силы упругости от удлинения, определение жесткости пружины.

Указания к работе:

1. По результатам измерений постройте график зависимости силы упругости от удлинения.

Примечание: При построении графика точки могут оказаться вне прямой, которая соответствует закону Гука: $F = k|x|$. Это связано с погрешностями измерения. В этом случае прямую линию надо проводить так, чтобы число точек по обе стороны графика оказалось примерно одинаковым.

2. Выбрав точку в средней части графика, определите соответствующее значение силы упругости и удлинения.
3. Рассчитайте жесткость пружины, используя закон Гука:

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}.$$

Она и будет искомым средним значением жесткости пружины $k_{\text{ср}}$.

Контрольные вопросы

1. Почему в работе силу упругости мы принимаем равной силе тяжести?
2. При каком условии для нахождения среднего значения величины используют графический метод?
3. Почему график проводится не по точкам, а между ними, при этом число точек по обе стороны линии должно быть одинаковым?

Лабораторная работа № 5. Исследования силы трения скольжения

Цель работы: исследовать зависимость силы трения скольжения от силы реакции опоры, от площади соприкосновения; определить коэффициент трения поверхностей.

Приборы и материалы: динамометр, деревянный брусок с грузами по 100 г, трибометр.

Задание 1. Исследование зависимости силы трения от силы реакции опоры.

Указания к работе:

1. Определите цену деления шкалы динамометра.
2. Определите вес бруска, подвесив его к динамометру, результат внесите в таблицу.
3. Положите брусок на трибометр, расположенный горизонтально. Прикрепите к бруску динамометр, равномерно тяните его вдоль доски. Определите силу трения скольжения по показанию динамометра; значение внесите в таблицу.

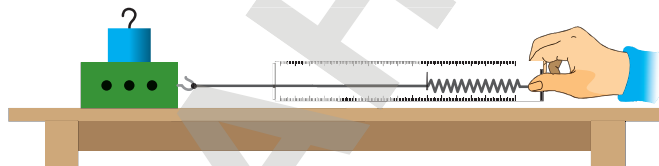


Рис. 12

4. На брусок поставьте груз массой 100 г, повторите опыт (рис. 12).
5. Добавьте второй, третий грузы, каждый раз повторяя опыт и измеряя силу трения $F_{\text{тр1}}$. Результаты измерений внесите в таблицу.

6. Рассчитайте общий вес бруска с грузом для каждого опыта, результат внесите в таблицу.

№ опыта	Вес бруска, P , Н	Масса груза, m , кг	Общий вес бруска с грузом (сила реакции опоры) $P_1 = N = P + mg$, Н	Сила трения, $F_{тр1}$, Н	Сила трения, $F_{тр2}$, Н	Коэффициент трения, μ
1						
2						
3						
4						

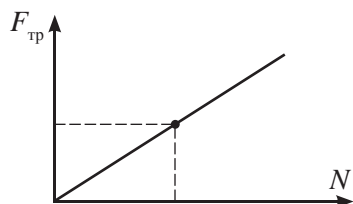


Рис. 13

7. По результатам измерений постройте график зависимости силы трения от силы реакции опоры (рис. 13).
 8. Сделайте вывод: зависит ли сила трения скольжения от силы реакции опоры, и если зависит, то как?

Вывод.

Задание 2. Исследование зависимости силы трения от площади соприкосновения.

Указания к работе:

1. Положите брусок на доску боковой поверхностью. Определите с помощью динамометра силу трения $F_{тр2}$ при равномерном движении бруска. Значение силы внесите в таблицу.
2. Повторите опыт, добавив грузы: один, затем второй и третий.
3. Сравните значения сил $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$ для каждого опыта, сделайте вывод.

Вывод.

Задание 3. Определение коэффициента трения.

Указания к работе:

1. В каждом опыте рассчитайте коэффициент трения по формуле: $\mu = \frac{F_{тр}}{N}$. Примите $g = 10$ Н/кг. Результаты расчетов внесите в таблицу.
2. Сравните полученный результат с табличным значением коэффициента трения доски по доске 0,25.
3. Исходя из цели работы, запишите вывод.

Вывод.

Лабораторная работа № 6. Изучение закона Архимеда

Цель работы: определить силу Архимеда, сравнить ее с весом вытесненной телом воды; исследовать ее зависимость от объема тела, погруженного в жидкость; знать и соблюдать технику безопасности в кабинете физики.

Приборы и материалы: сосуд с водой, динамометр, штатив с муфтой и лапкой, мензурка, два тела разной массы из веществ, плотность которых превышает плотность жидкости.

Задание 1. Сравнение выталкивающей силы с весом вытесненной жидкости.

Указания к работе:

1. Укрепите динамометр на штативе, подвесьте к нему тело.
2. Определите вес тела в воздухе P_0 , результат запишите в таблицу.

№ опыта	Измерено				Вычислено	
	P_0 , Н	P , Н	V , см ³	V , м ³	$P_{ж}$, Н	F_A , Н
1						
2						

3. Погрузите тело в жидкость, не снимая его с крючка динамометра. Определите вес тела в жидкости P .
4. Рассчитайте силу Архимеда по формуле:

$$F_A = P_0 - P.$$

5. С помощью мензурки определите объем тела V , полученное значение переведите в м³.
6. Рассчитайте вес вытесненной воды по формуле:

$$P_{ж} = \rho_{ж} \cdot g \cdot V_{т},$$

где $g = 9,8$ Н/кг,

$$\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

7. Повторите опыт с другим телом.
8. Сравните значение силы Архимеда с весом вытесненной воды.
9. Сделайте вывод о выполнении закона Архимеда.

Вывод.

Задание 2. Проверка зависимости силы Архимеда от объема, погруженного в воду тела.

Приборы и материалы: два сосуда с водой; рычажные весы без чашечек; два груза равной массы, но разного объема; нитки.

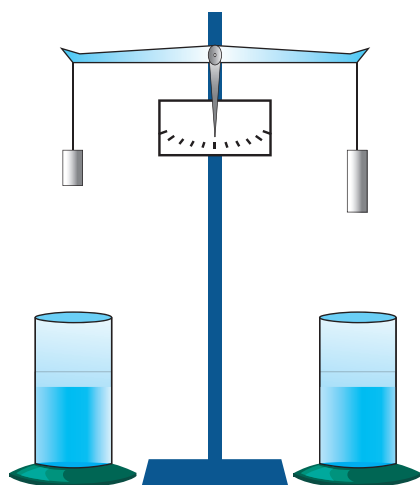


Рис. 14

Указания к работе:

1. На рычажных весах закрепите тела, весы уравновесьте (рис. 14).
2. Опустите тела в сосуды с водой.
3. Объясните, почему равновесие весов нарушилось. Как результат опыта соотносится с формулой расчета силы Архимеда? Сделайте вывод.

Вывод.

Контрольные вопросы

1. От каких физических величин зависит сила Архимеда?
2. Как с использованием мензурки определить объем вытесненной телом жидкости?
3. Почему в лабораторной работе вес жидкости рассчитывается по значению объема тела? Будет ли верен расчет, если плотность вещества тела будет меньше, чем у жидкости? Какое изменение в расчетах необходимо внести?

Лабораторная работа № 7.

Определение условия плавания тел в жидкости

Цель работы: опытным путем определить условия плавания тел в жидкости; сравнить значение силы тяжести и силы Архимеда в случае, когда тело плавает на поверхности жидкости.

Приборы и материалы: динамометр, мензурка, стеклянная пробирка с пробкой, проволочный крючок, салфетка, сосуд с водой.

Задание 1. Выяснение условий плавания тела в жидкости.

Указания к работе:

1. С помощью мензурки определите объем пробирки, погрузив ее полностью в воду. Полученный результат переведите в м^3 и занесите в таблицу.

№ опыта	Измерено			Вычислено	Соотношение P и F_A	Поведение пробирки при погружении в воду
	V_T , см^3	V_T , м^3	P , Н	F_A , Н		
1						
2						
3						

2. Рассчитайте значение силы Архимеда по формуле:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{т}},$$

где $g = 9,8 \text{ Н/кг}$,

$$\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

- Опустите пробирку в воду, убедитесь в том, что она всплывает на поверхность воды.
- Извлеките пробирку из воды, высушите ее салфеткой, определите с помощью динамометра вес P_1 . Результат запишите в таблицу.
- Заполните пробирку водой. Опустите в воду, убедитесь, что пробирка тонет в воде.
- Извлеките пробирку из воды, высушите салфеткой, определите ее вес P_2 . Полученное значение внесите в таблицу.
- Вылейте часть воды из пробирки, добейтесь того, чтобы она плавала внутри жидкости (рис. 15).
- Предварительно высушив, определите вес пробирки с оставшейся водой P_3 . Результат запишите в таблицу.
- Сравните значения веса пробирки в трех случаях с силой Архимеда. Сделайте вывод об условии плавания тел.

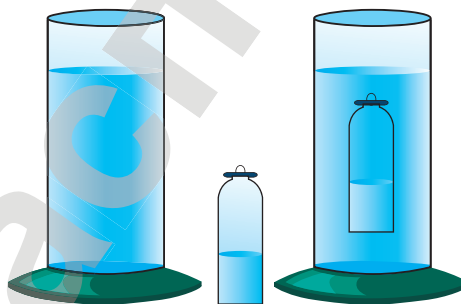


Рис. 15

Вывод.

Задание 2. Сравнение силы тяжести и силы Архимеда при условии, когда тело плавает на поверхности жидкости.

Указания к работе:

- Определите вес тела P .
- Опустите тело в мензурку, по изменению уровня жидкости в мензурке определите объем погруженной части тела $V_{\text{п.ч.}}$.
- Зная объем погруженной части тела, рассчитайте значение силы Архимеда по формуле:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{п.ч.}}$$

- Сравните значения силы тяжести и силы Архимеда.
- Изобразите тело на рисунке, укажите силы, действующие на него.
- Сделайте вывод о соотношении сил, действующих на тело, плавающее на поверхности жидкости.

Вывод.

Контрольные вопросы

- При каких условиях тело тонет, плавает внутри жидкости, всплывает?

2. При каком условии всплытие тел с меньшей плотностью, чем у жидкости, прекращается?
3. Почему глубина погружения тел с различной плотностью в одной и той же жидкости отличается?
4. Почему корабли плавают на поверхности воды? При каком условии они тонут?

Лабораторная работа № 8. Нахождение центра масс плоской фигуры

Цель работы: нахождение центра масс плоской фигуры.

Приборы и материалы: штатив с лапкой и муфтой, пробка, плоская фигура произвольной формы из картона, нить с грузом (отвес), английская булавка, гвоздь, карандаш, линейка.

Указания к работе:

1. По краям плоской фигуры сделайте гвоздем три отверстия.
2. Вставив булавку в одно из отверстий, подвесьте картонную фигуру к пробке, закрепленной в лапке штатива (рис. 16).
3. К той же булавке прикрепите отвес.
4. С помощью карандаша отметьте на нижнем и верхнем краях пластины точки, лежащие на линии отвеса.
5. Сняв фигуру, проведите через отмеченные точки прямую линию.
6. Повторите опыт, используя два других отверстия в плоской фигуре.
7. Проведенные линии должны пересечься в одной точке – центре тяжести пластины (рис. 17). Отметьте ее на пластине точкой O . Эту точку можно назвать центром масс.

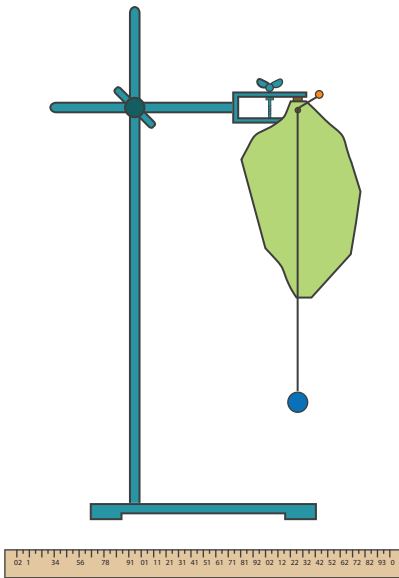


Рис. 16

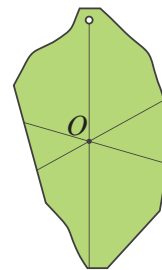


Рис. 17

8. Убедитесь в том, что вы правильно выполнили задание. Положите фигуру горизонтально на вертикально расположенный карандаш, совместив точку O пластины с острием заточенного карандаша. Пластина будет находиться в равновесии.

Вывод.

Лабораторная работа № 9. Определение условия равновесия рычага

Цель работы: выяснить, при каком условии рычаг находится в равновесии.

Приборы и материалы: рычаг, штатив, муфта, стержень для укрепления рычага, набор грузов по 100 г, линейка, динамометр.

Указания к работе:

1. Установите рычаг на стержне, закрепленном в муфте штатива (рис. 18).

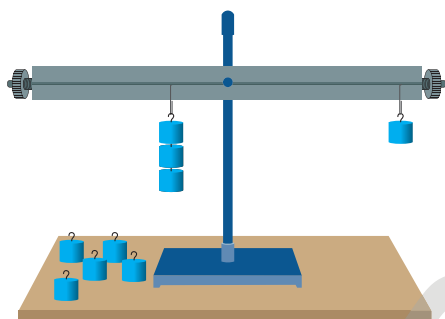


Рис. 18

2. Уравновесьте рычаг, вращая гайки на его концах.
3. Придерживая правую часть рычага, подвесьте на левую часть три груза на расстоянии $l_1 = 6$ см от оси вращения.
4. Рассчитайте силу, приложенную к рычагу, по формуле:

$$F_1 = m_1 g,$$

где $m_1 = 0,3$ кг.

5. Уравновесьте рычаг, подвесив на правую часть рычага один груз. Измерьте расстояние от оси вращения до точки подвеса груза l_2 .
6. Рассчитайте силу, приложенную к правой части рычага, по формуле:

$$F_2 = m_2 g,$$

где $m_2 = 0,1$ кг.

7. Результаты занесите в таблицу.

№ опыта	Измерено		Вычислено					
	l_1 , м	l_2 , м	F_1 , Н	F_2 , Н	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$	M_1 , Н·м	M_2 , Н·м
1								
2								
3								

8. Повторите опыт, подвешивая два груза.
9. Повторите опыт, подвешивая три груза.
10. Рассчитайте отношения сил $\frac{F_1}{F_2}$ и отношения их плеч $\frac{l_2}{l_1}$ для каждого случая.
11. Сделайте вывод о выполнении условия равновесия рычага по соотношению сил и их плеч.

Вывод.

12. Рассчитайте моменты сил F_1 и F_2 для всех опытов по формулам:

$$M_1 = F_1 \cdot l_1 \text{ и } M_2 = F_2 \cdot l_2.$$

13. Сделайте вывод о выполнении правила моментов.

Вывод.

Контрольные вопросы

1. При каком условии рычаг находится в равновесии?
2. Почему до проведения эксперимента рычаг необходимо уравновесить?
3. Укажите основные причины погрешности измерений.

Лабораторная работа № 10.

Определение КПД наклонной плоскости

Цель работы: убедиться на опыте в том, что полезная работа меньше полной; научиться определять КПД наклонной плоскости; выяснить, как зависит КПД наклонной плоскости от угла ее наклона.

Приборы и материалы: трибометр, динамометр, измерительная лента, брусок, штатив с муфтой и лапкой.

Указания к работе:

1. Установите трибометр наклонно, закрепив его лапкой штатива (рис. 19).
2. Измерьте высоту h и длину l наклонной плоскости, результаты измерений занесите в таблицу.

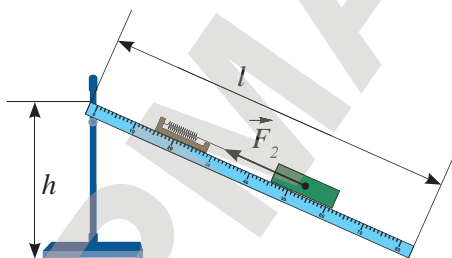


Рис. 19

№ опыта	Измерено				Вычислено		
	h , м	l , м	F_1 , Н	F_2 , Н	A_1 , Дж	A_2 , Дж	КПД, %
1							
2							

3. Подвесьте брусок к динамометру, определите действующую на тело силу тяжести F_T .
4. Рассчитайте полезную работу, которую необходимо совершить при подъеме тела, прикладывая силу $F_1 = F_T$, по формуле:

$$A_1 = F_1 \cdot h.$$

5. Подвесьте брусок к динамометру. Положите их на наклонную плоскость (рис. 19). Определите приложенную силу F_2 при равномерном перемещении бруска по наклонной плоскости, результат измерения занесите в таблицу.
6. Рассчитайте совершенную при этом работу:

$$A_2 = F_2 \cdot l.$$

7. Сравните значения A_1 и A_2 . Определите КПД наклонной плоскости по формуле:

$$\text{КПД} = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%.$$

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
9. Повторите опыт, изменив угол наклона доски:

$$A_1 = F_1 \cdot h.$$

$$A_2 = F_2 \cdot l.$$

$$\text{КПД} = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%.$$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
11. Сделайте вывод о зависимости КПД наклонной плоскости от угла наклона.

Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что показывает КПД?
2. Почему полная работа с использованием простого механизма всегда превышает полезную работу?
3. Почему при увеличении угла наклона плоскости, ее КПД возрастает? Можно ли утверждать, что при изменении угла наклона от 0° до 90° КПД меняет свое значение от 0 до 100%?

Приложение 2. Таблицы физических величин

Таблица 1. Кратные и дольные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
деци	д	10^{-1}	экса	Э	10^{18}
санци	с	10^{-2}	пета	П	10^{15}
милли	м	10^{-3}	тера	Т	10^{12}
микро	мк	10^{-6}	гига	Г	10^9
нано	н	10^{-9}	мега	М	10^6
пико	п	10^{-12}	кило	к	10^3
фемто	ф	10^{-15}	гекто	г	10^2
атто	а	10^{-18}	дека	да	10^1

Таблица 2. Плотность твердых тел

Вещество	Плотность ($\frac{\text{Г}}{\text{см}^3}$, или $n \cdot 10^3 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$)	Вещество	Плотность ($\frac{\text{Г}}{\text{см}^3}$, или $n \cdot 10^3 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$)
Алюминий	2,7	Олово	7,3
Базальт	3,0	Осина*	0,42
Береза*	0,6 – 0,8	Парафин	0,9
Бетон	2,3	Песок*	1,5
Бронза	8,7 – 8,9	Пихта*	0,53
Бук*	0,75	Платина	21,6
Гранит	2,6	Пробка	0,24
Графит	2,15	Свинец	11,4
Вольфрам	19,34	Серебро	10,5
Дуб*	0,7 – 1	Слюда	2,88
Ель*	0,4 – 0,7	Снег свежесыпавший	0,16
Железо, сталь	7,8	Снег слежавшийся	0,48
Золото	19,3	Сосна*	0,4 – 0,7
Кирпич	1,8	Стекло	2,5
Корунд	4,0	Титан	4,5
Кокс	1,3	Уголь древесный	1,45
Кремний	2,3	Уран	19,1
Латунь	8,7	Фарфор	2,4
Лед	0,9	Цинк	7,18
Медь	8,9	Чугун	7,7
Мел	2,2	Эбонит	1,2
Мрамор	2,7	Янтарь	1,1
Никель	8,9	* – находится в сухом состоянии	

Таблица 3. Плотность жидкостей

Вещество	Плотность ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, или $\rho \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)	Вещество	Плотность ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, или $\rho \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)
Ацетон	0,78	Масло подсолнечное	0,9
Бензин	0,71	Молоко	1,03
Вода при 4°C	1,0	Муравьиная кислота	1,025
Вода морская	1,03	Нефть	0,8
Глицерин	1,26	Ртуть	13,6
Керосин	0,8	Серная кислота	1,8
Масло вазелиновое	0,8	Спирт	0,8
Масло машинное	0,9	Эфир	0,71

Таблица 4. Плотность газов (при 0°C)

Вещество	Плотность ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, или $\rho \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)	Вещество	Плотность ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, или $\rho \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)
Аммиак	0,00077	Неон	0,00090
Воздух	0,00129	Озон	0,0022
Водород	0,00009	Оксид углерода IV	0,00198
Гелий	0,00018	Пропан	0,002

Ответы к упражнениям ★

- Упр. 2. 1.** 1, 691 км; 16 910 дм; 169 100 см; 1 691 000 мм.
 2. 0,0105 км²; 1 050 000 дм²; 105 000 000 см²;
 10 500 000 000 мм². **3.** 0,000000525 км³; 525 м³;
 525 000 дм³; 525 000 000 см³; 525 000 000 000 мм³.
- Упр. 4. 1:** а) $4 \cdot 10^4$; б) $-3 \cdot 10^3$; в) $3 \cdot 10^{14}$; г) $2 \cdot 10^2$.
- Упр. 5. 1:** а) 3; -2,5; 0; б) -5,5; 5,5; в) 2,5; 2,5; г) -3; 8.
 2. 750 м; 0.
- Упр. 6. 1.** Нет.
- Упр. 7. 1.** 20 м/с. **2.** 3,6 км/ч < 5 км/ч. **3.** 53 км/ч.
 4. 1000 м. **5.** 400 лет. **6.** -140 м.
- Упр. 9. 1.** 4500 кг; 240 кг; 4 кг; 0,004 кг. **2.** 33,5 г;
 0,0335 кг.
- Упр. 10. 1.** 0,045 м³; 0,45 м³; 0,0045 м³; 0,00045 м³.
 2. 244 см³.
- Упр. 11. 1.** 1300 кг/м³; 1600 кг/м³. **2.** 7,1 кг.
 3. 120 листов. **4.** ≈ 12 г, $\approx 0,7$ кг; $\approx 16,7$ кг.
- Упр. 14. 1.** 200 Н. **2.** 2 кг. **3.** \approx в шесть раз.
 4. $7,4$ г/см³ < $8,9$ г/см³, шар полый. **5.** 142 Н.
- Упр. 16. 3.** 4 см. **4.** 34,8 Н.
- Упр. 17. 1.** 5 Н. **2.** 500 кг.
- Упр. 18. 1.** 500 Н. **2.** 33 кН. **3.** 0,5 кН.

- Упр. 19. 1.** $2 \cdot 10^6$. **2.** $8,1 \cdot 10^6$ м.
- Упр. 20. 1.** 60 Н/см² > 6 кН/м² > 600 Па. **2.** 6,25 кПа.
 3. $2,5 \cdot 10^{-5}$ м². **4.** 57,5 кПа.
- Упр. 21. 1.** 10,3 МПа. **2.** $7,6 \cdot 10^4$ Па; $2,2 \cdot 10^7$ Н.
 3. $8 \cdot 10^3$ Па; $4 \cdot 10^3$ Па; 5120 Н; 2560 Н; 10 240 Н.
- Упр. 22. 1.** 85 см.
- Упр. 23. 1.** 400 Н. **2.** 800 Н; 4 см.
- Упр. 24. 1.** 77,4 кг. **2.** $\approx 10,3$ м. **3.** ≈ 670 м. **4.** ≈ 77 м.
 5. ≈ 308 мм рт. ст.
- Упр. 25. 1.** 20,6 м. **2.** $8 \cdot 10^4$ Па; $8 \cdot 10^3$ гПа; 80 кПа.
 3. 0,02 МПа; 901 300 Па.
- Упр. 26. 1.** Да, 200 Н. **2.** 200 Н; 300 Н. **3.** $1,03 \cdot 10^5$ Па.
- Упр. 27. 1.** 7,2 кН; 9 кН. **2.** $\rho = 2000$ кг/м³, тонет в воде,
 спирте и керосине. **3.** 400 кг/м³.
- Упр. 28. 1.** 4 кН. **2.** 624 кДж. **3.** 5,2 кВт. **4.** ≈ 38 ; ≈ 66 .
- Упр. 29. 1.** $2,7 \cdot 10^{33}$ Дж. **2.** ≈ 48 кДж. **3.** 0,25 Дж.
- Упр. 30. 1.** 60 Дж; 90 Дж. **2.** 2,5 м. **3.** Увеличится в два
 раза.
- Упр. 31. 1.** 200 Н. **2.** 180 Н. **3.** 256 Вт. **4.** В 8 раз.
- Упр. 32. 1.** 75 см. **2.** 2 Н. **3.** 20 Н.
- Упр. 33. 1.** 25%. **2.** 75%. **3.** 80%.

Ответы к домашним упражнениям 🏠

- Упр. 2д. 1.** 24 000 000 000 м²; 24 000 км²;
 1 920 000 000 000 м³; 1920 км³. **2.** Длина меньше
 в 8 раз, ширина \approx в 5,7 раз, глубина в 4 раза, пло-
 щадь поверхности \approx в 45,7 раз, объем \approx в 182,9 раз.
- Упр. 4д. 1:** а) $4 \cdot 10^3$; б) $2 \cdot 10^3$; в) $8,4 \cdot 10^5$; г) 20.
- Упр. 5д. 1.** 6,28; 0.
- Упр. 6д. 1.** Да.
- Упр. 7д. 1.** 5 м/с. **2.** 191 м/с; $\approx 4,9$. **3.** 266 км. **4.** ≈ 1 ч
 28 мин. **5.** 8 м/с. **6.** 8 м; 4 м; -8 м.
- Упр. 9д. 1.** 12 500 кг; 14 кг; 0,0405 кг; 0,0003504 кг.
 2. 65,52 г; 0,06552 кг.
- Упр. 10д. 1.** $4,35 \cdot 10^{-4}$ м³; 0,435 дм³; $4,35 \cdot 10^5$ мм³;
 0,435 л; 435 мл. **2.** 136 см³.
- Упр. 11д. 1.** Из стали, $\rho = 7800$ кг/м³. **2.** $V = 2$ м³, нет.
 3. $\rho = 0,5$ г/см³, возможно, из ели. **4.** 2 л.
- Упр. 13д. 2.** $5 \cdot 10^2$ мН; $5 \cdot 10^{-4}$ кН; $5 \cdot 10^{-7}$ мН.
- Упр. 14д. 1.** 35,6 Н. **2.** 0,05 м³. **3.** $g = 3,7$ Н/кг, на
 Марсе или на Меркурии. **4.** 200 Н.
- Упр. 16д. 2.** 0,3 м. **3.** 400 Н/м. **4.** а) 500 Н; б) 700 Н.
- Упр. 17д. 1.** 50 Н. **2.** 3900 кг.
- Упр. 18д. 1.** $1,3 \cdot 10^7$ Н. **2.** 200 Н.
- Упр. 20д. 1.** 300 кПа. **2.** 2,5 кПа.
- Упр. 21д. 1.** 1800 Па. **2.** 7750 Па; 750 Па. **3.** 400 Н.
- Упр. 22д. 1.** Нет. **2.** 1,25 МН. **3.** 33,5 см.
- Упр. 23д. 1.** 4 кН. **2.** 1,5 кН.
- Упр. 24д. 1.** ≈ 430 м. **2.** ≈ 28 кН. **3.** $\approx 5 \cdot 10^{18}$ кг.
 4. ≈ 836 мм рт. ст.
- Упр. 25д. 1.** Да. **2.** 0,2 МПа; 20 Н/см². **3.** 2 кПа;
 61,3 кПа.
- Упр. 26д. 1.** $\approx 2,2$ кН. **2.** 10,5 кН. **3.** 1,7 Н; 6,8 Н; 7,9 Н;
 10,4 Н.
- Упр. 27д. 1.** $\rho = 1000$ кг/м³, тонет в бензине и керо-
 сине, плавает внутри воды. **2.** 4/5.
- Упр. 28д. 1.** 48 Дж. **2.** $\approx 2,3$ МДж. **3.** 1 ч 40 мин.
- Упр. 29д. 1.** 45 Дж. **2.** -150 кДж. **3.** 10 Дж.
- Упр. 30д. 1.** 10 Дж; 12,5 Дж. **2:** а) увеличится
 в 1,41 раза; б) уменьшится в 1,41 раза.
- Упр. 31д. 1.** 40 Н. **2.** В четыре раза. **3.** 2010 Н.
- Упр. 32д. 1.** 7 см. **2.** 1,6 кН. **3.** В 0,9 м от точки
 приложения меньшей силы.
- Упр. 33д. 1.** 21 кг. **2.** 62,5 %. **3.** 313.

Список использованной литературы

1. Байсеитова С.Ш. «Применение критериального оценивания на уроках физики». Научный журнал «Обучение и воспитание: методики и практика». Изд. ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2015. С. 14–18.
2. Балашов М.М. Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – М.: Просвещение, 1993.
3. Даниэлян Я.В. Современные концепции школьного учебника. Научный журнал «Известия РГПУ им. А.И. Герцена». Изд. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена». – С.-Пб, 2007.
4. Демидова М.Ю., Коровин В.А. Методический справочник учителя физики. – М.: Мнемозина, 2003.
5. Закирова Н.А., Гаврилова Е.П. Сборник тестовых заданий по физике. – Кокшетау: Келешек-2030, 2008.
6. Интегрированная модель критериального оценивания (ИМКО) в Назарбаев Интеллектуальных школах.
7. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. Контрольные и проверочные работы по физике. – М.: Дрофа, 2000.
8. Кем В.И., Кронгарт Б.А. Физика и астрономия: Сборник задач и упражнений для 7 класса общеобразовательной школы. – Алматы: Атамұра, 2003.
9. Кирик Л.А. Физика-7. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы. – М.: Илекса, 2005.
10. Коростылева Л.А., Советова О.С. Психологические барьеры и готовность к нововведениям. – СПб, 1996.
11. Методика преподавания физики в 6–7 классах средней школы. Под ред. В.П. Орехова и А.В. Усовой. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1976.
12. Мухамеджанова С.Т., Есназарова У.А., Жумагалиева С.Ж. Система организации научно-методической работы в школе. – ИПК г. Алматы, 2002.
13. Научно-практический журнал «Школьные технологии», 1999, № 3.
14. Научно-практический журнал «Школьные технологии», 2000, № 3.
15. Национальный план действий на 2012–2016 годы по развитию функциональной грамотности школьников.
16. Оценивание для обучения и оценивание обучения. Руководство для учителя. Первый (продвинутый) уровень. АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы», 2012.
17. Педагогический журнал «Учитель», www.ychitel.com.
18. Перишкин А.В., Родина Н.А., Рошовская Х.Д., Гладышева Н.К., Кириллова И.Г. Преподавание физики в 6–7 классах средней школы. – М.: Просвещение, 1978.
19. Политика оценивания учебных достижений учащихся «Назарбаев Интеллектуальные школы» в 2014–2015 учебном году.
20. Правила критериального оценивания учебных достижений учащихся автономной организации образования «Назарбаев Интеллектуальные школы», Утверждены решением Правления АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы» от 27 августа 2015 года.
21. Рымкевич А.П., Рымкевич П.А. Сборник задач по физике. – М.: Просвещение, 1984.
22. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М.: Народное образование, 1998.
23. Физика. Перевод с английского А.С. Ахматова и др. – М.: Наука, 1965.
24. Ханнанова Т.А. Психодидактические основы влияния цифровых технологий на развитие познавательных способностей обучающихся. Коллективная монография. Глава: «Формирование функциональной математической грамотности учащихся на содержании курса физики для основной школы». – М., 2011. – 4 п. л.

Электронные ресурсы

1. Bilimland.kz VideoLike.
2. <http://festival.1september.ru>
3. <http://www.fizika.com>
4. <http://fiz.1september.ru/>
5. <http://testnews.kz/kz/fizika/>
6. <http://www.kaznu.kz/>
7. <http://surak.szh.kz/>
8. <http://ustazdar-alemi.kz/>

Содержание

Предисловие	4
ГЛАВА I. Физика – наука о природе	5
§ 1. Физика – наука о природе	6
§ 2. Научные методы изучения природы	10
ГЛАВА II. Физические величины и измерения	15
§ 3. Международная система единиц (СИ)	16
§ 4. Скалярные и векторные физические величины	20
§ 5. Точность измерений и вычислений. Запись больших и малых чисел	24
ГЛАВА III. Механическое движение	31
§ 6. Механическое движение и его характеристики. Система отсчета	32
§ 7. Относительность механического движения	38
§ 8. Прямолинейное равномерное и неравномерное движение	42
§ 9. Расчет скорости и средней скорости	46
§ 10. Графическое представление различных видов механического движения	54
ГЛАВА IV. Плотность	61
§ 11. Масса и измерение массы тел	62
§ 12. Измерение объема тел правильной и неправильной формы	66
§ 13. Плотность вещества и единицы измерения плотности	70
ГЛАВА V. Взаимодействие тел	77
§ 14. Явление инерции	78
§ 15. Сила	82
§ 16. Явление тяготения и сила тяжести. Вес	86
§ 17. Деформация	90
§ 18. Сила упругости, закон Гука	94
§ 19. Сила трения. Учет трения в технике	98
§ 20. Сложение сил, действующих на тело вдоль одной прямой	104
ГЛАВА VI. Давление	111
§ 21. Молекулярное строение твердых тел, жидкостей и газов	112
§ 22. Давление твердых тел	118
§ 23. Давление в жидкостях и газах, закон Паскаля	122
§ 24. Сообщающиеся сосуды	128
§ 25. Гидравлическая машина	132
§ 26. Атмосферное давление, измерение атмосферного давления	136
§ 27. Манометры, насосы	142
§ 28. Выталкивающая сила	146
§ 29. Условия плавания тел	150

ГЛАВА VII. Работа и мощность. Энергия	159
§ 30. Механическая работа. Мощность.....	160
§ 31. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия.....	164
§ 32. Превращение и сохранение энергии.....	168
ГЛАВА VIII. Момент силы	175
§ 33. Простые механизмы.....	176
§ 34. Центр масс тел.....	182
§ 35. Условие равновесия рычага.....	186
§ 36. Коэффициент полезного действия (КПД).....	190
ГЛАВА IX. Космос и Земля	197
§ 37. Наука о небесных телах.....	198
§ 38. Солнечная система.....	202
§ 39. Основы календаря.....	206
Приложения. Лабораторные работы и таблицы	213
Приложение 1. Лабораторные работы.....	214
Лабораторная работа № 1. Измерение физических величин.....	214
Лабораторная работа № 2. Определение размеров малых тел методом рядов.....	218
Лабораторная работа № 3. Определение плотности жидкостей и твердых тел.....	221
Лабораторная работа № 4. Изучение упругих деформаций.....	223
Лабораторная работа № 5. Исследования силы трения скольжения.....	225
Лабораторная работа № 6. Изучение закона Архимеда.....	227
Лабораторная работа № 7. Определение условия плавания тел в жидкости.....	228
Лабораторная работа № 8. Нахождение центра масс плоской фигуры.....	230
Лабораторная работа № 9. Определение условия равновесия рычага.....	231
Лабораторная работа № 10. Определение КПД наклонной плоскости.....	232
Приложение 2. Таблицы физических величин.....	234
Ответы к упражнениям.....	236
Ответы к домашним упражнениям.....	236
Список использованной литературы.....	237
Электронные ресурсы.....	237

Учебное издание

**Назифа Анваровна Закирова
Руслан Рауфович Аширов**

ФИЗИКА

Учебник для 7 класса общеобразовательной школы

В учебнике использован иллюстративный материал по лицензии depositphotos.com,
а также фотографии К. Косова, М. Золотухина

Художник-оформитель	О. Подопригора
Главный редактор	К. Караева
Методист-редактор	Б. Бекетауов
Редактор	Г. Хасенова
Корректор	Г. Усенова
Технический редактор	В. Бондарев
Художественный редактор	Е. Мельникова
Дизайн обложки	О. Подопригора
Верстка	Л. Костина

По вопросам приобретения обращайтесь по следующим адресам:

г. Астана, м-н 4, д. 2, кв. 55. Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: astana@arman-pv.kz
г. Алматы, м-н Аксай 1А, д. 28Б. Тел./факс: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

Книжный магазин «Арман-ПВ»

г. Алматы, ул. Алтынсарина, д. 87. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Сдано в набор 26.08.16. Подписано в печать 13.06.17. Формат 84x108^{1/16}. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Печать офсетная. Объем 25,20 усл. печ. л. Тираж 18000 экз.

Артикул 707-011-001р-17