ИННОВАЦИОННАЯ ШКОЛА

ФГОС

Э.Т. ИЗЕРГИН

ФИЗИКА 8



«РУССКОЕ СЛОВО»

УДК 373.167.1:53*08(075.3)
ББК 22.3я721
И32

Учебник включён в Федеральный перечень учебников в соответствии с приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 25 мая 2020 года № 254.

Автор — **Эдуард Тимофеевич Изергин**, кандидат педагогических наук, доцент

Под научной редакцией:
Алевтины Алексеевны Фадеевой, доктора педагогических наук, профессора;
Альфиса Суфияновича Гаязова, доктора педагогических наук, профессора, члена-корреспондента РАО, президента Академии наук Республики Башкортостан

Изергин Э.Т.

И32 Физика: учебник для 8 класса общеобразовательных организаций / Э.Т. Изергин. — М.: ООО «Русское слово — учебник», 2021. — 264 с.: ил. — (ФГОС. Инновационная школа).

ISBN 978-5-533-02000-8

Учебник продолжает знакомить с основами физических знаний. В конце каждого параграфа есть вопросы для самопроверки, система заданий, в том числе экспериментальных и требующих обращения к сети Интернет. В учебнике рассматриваются решения типовых задач по физике, даны качественные, графические и количественные задачи для самостоятельного решения.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования и входит в систему «Инновационная школа».

Учебник предназначен для общеобразовательных организаций.

УДК 373.167.1:53*08 (075.3)
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-533-02000-8

© Э.Т. Изергин, 2021
© ООО «Русское слово — учебник», 2021

Содержание

Предисловие 3

Глава I. Тепловые явления **4**

§ 1. Внутренняя энергия 4
§ 2. Виды теплопередачи 10
§ 3. Количество теплоты 16
Лабораторная работа 1 22
Лабораторная работа 2 23
§ 4. Теплота сгорания топлива 25
§ 5. Плавление и кристаллизация 29
§ 6. Испарение. Кипение. Конденсация пара 35
§ 7. Влажность воздуха 42
§ 8. Тепловые двигатели 47
§ 9. Закон сохранения энергии в механических и тепловых процессах 54
Качественные задачи к главе I 57
Краткие итоги главы I 59

Глава II. Электростатика **61**

§ 10. Электризация тел 61
§ 11. Элементарный электрический заряд 66
§ 12. Закон Кулона 72
§ 13. Электрическое поле 77
§ 14. Защита от электрического поля 84
§ 15. Электрические явления в природе и технике 89
Краткие итоги главы II 93

Глава III. Постоянный электрический ток **95**

§ 16. Электрический ток 95
§ 17. Сила электрического тока 100
Лабораторная работа 3 106
§ 18. Электрическое напряжение 107
Лабораторная работа 4 112
§ 19. Электрическое сопротивление проводника 113
§ 20. Закон Ома для участка цепи 121
§ 21. Последовательное и параллельное соединения проводников 126
Лабораторная работа 5 132
§ 22. Электрический ток в электролитах 134

§ 23. Электрический ток в газах 137
§ 24. Собственная проводимость полупроводников 142
Лабораторная работа 6. 146
§ 25. Работа и мощность электрического тока 147
Лабораторная работа 7. 152
§ 26. Нагревание проводников электрическим током. . . 154
§ 27. Электронагревательные приборы. Предохранители 158
Лабораторная работа 8. 162
Краткие итоги главы III 163

Глава IV. Электромагнитные явления 165

§ 28. Постоянные магниты 165
§ 29. Электромагниты 169
§ 30. Магнитное поле 173
§ 31. Сила Ампера. Индукция магнитного поля 178
§ 32. Электрический двигатель 185
§ 33. Сила Лоренца 188
§ 34. Электромагнитная индукция 191
Лабораторная работа 9. 196
§ 35. Самоиндукция. Индуктивность 197
§ 36. Переменный ток 201
§ 37. Трансформатор. Передача электрической энергии на расстояние 205
Краткие итоги главы IV 209

Глава V. Геометрическая оптика 211

§ 38. Взгляд на природу света. Основные понятия геометрической оптики 211
§ 39. Отражение света 216
Лабораторная работа 10 220
§ 40. Преломление света 222
Лабораторная работа 11 226
§ 41*. Прохождение света через прозрачную пластинку и призму 227
§ 42. Линзы 231
§ 43*. Формула тонкой линзы 238
Лабораторная работа 12 241
§ 44. Оптические приборы. Глаз 242
Краткие итоги главы V. 247

Домашние экспериментальные задания 249
Ответы к задачам 260

Глава I. Тепловые явления

§ 1. Внутренняя энергия



1. Как называется мельчайшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами?	→	1. Молекула.
2. Что вы знаете о молекулах?	→	2. Молекулы непрерывно движутся и взаимодействуют друг с другом.
3. Как связаны скорость движения молекул и температура тела?	→	3. Чем больше скорость движения молекул, тем выше температура тела.
4. Каким видом энергии обладают молекулы вследствие своего движения?	→	4. Каждая молекула обладает кинетической энергией.
5. Обладают ли молекулы потенциальной энергией?	→	5. Так как молекулы взаимодействуют друг с другом, они обладают потенциальной энергией.

Опытные факты и наблюдаемые явления

1. Если поставить горячую гирю на деревянную дощечку, то с течением времени температура гири будет **понижаться**, а температура дощечки и окружающего воздуха будет **повышаться**.

2. Если энергично накачивать насосом воздух в велосипедную шину, то очень скоро насос разогреется — его температура повысится.

3. Если опустить горячую ложечку в стакан с холодной водой, то ложечка остынет, а вода немного нагреется. Но если понижение температуры ложечки велико, то повышение температуры воды незначительно.

4. Если алюминиевый и свинцовый цилиндры одинаковой массы нагреть до одной и той же температуры (например, прогреть в кипящей воде), а затем опустить в одинаковые стаканы с водой, то через некоторое время окажется, что в одном из стаканов температура воды выше, чем в другом.

Общее во всех рассмотренных примерах: во всех примерах изменяется скорость движения частиц (молекул или атомов) одного или нескольких тел, а значит, и кинетическая энергия этих частиц; во втором примере насос сжимает воздух, уменьшаются расстояния между молекулами и, следовательно, увеличивается ещё и потенциальная энергия молекул воздуха.

Проблема: для описания и объяснения приведённых примеров необходимо ввести новую физическую величину, обусловленную движением и взаимодействием огромного числа частиц вещества.

Масса одной молекулы очень мала, следовательно, мала и её энергия. Но если сложить кинетические и потенциальные энергии огромного числа частиц, из которых состоит тело, то получится значительная величина, которую называют **внутренней энергией** тела.

Внутренняя энергия тела — это энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело.

Внутренняя энергия, как и механическая энергия, выражается в джоулях (Дж).

В состав атомов входят частицы, о которых вы узнаете позднее. Энергия этих частиц тоже включается во внутреннюю энергию тела. Однако в тех явлениях, с которыми мы встречаемся в повседневной жизни, могут изменяться только кинетическая и потенциальная энергии молекул или атомов, из которых состоит тело. Все другие составные части внутренней энергии остаются без изменения, и мы их учитывать не будем.

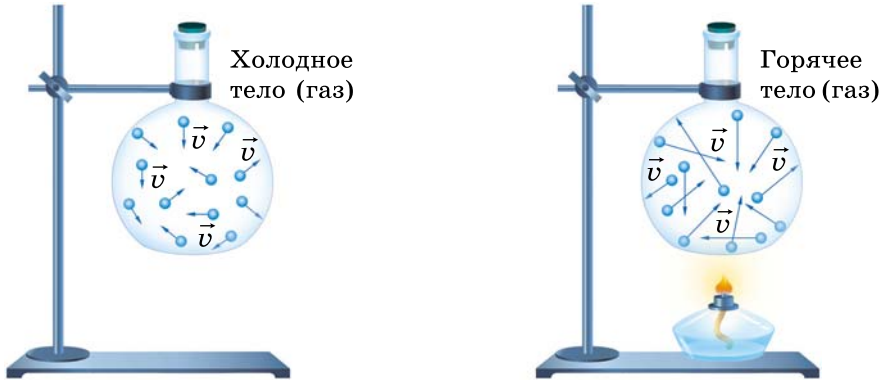


Рис. 1. Температура — мера кинетической энергии молекул тела

Как изменяется внутренняя энергия тела при его нагревании? Она **увеличивается**, так как увеличивается средняя скорость движения частиц, из которых состоит тело (*рис. 1*).

А как изменяется внутренняя энергия тела, например мяча, когда его поднимают с пола на стол? Как вы знаете, увеличивается потенциальная энергия тела (мяча), но расположение молекул тела относительно друг друга при этом совершенно не изменяется. Не изменяется и средняя скорость движения молекул. Таким образом, потенциальные и кинетические энергии молекул остаются прежними.

Внутренняя энергия тела не зависит ни от механического движения тела, ни от его положения относительно других тел.

Если поставить горячий утюг на холодную плиту, то с течением времени утюг остывает, т.е. средняя скорость движения частиц металла, из которого он сделан, а следовательно, и их кинетическая энергия, уменьшается. Внутренняя энергия утюга тоже уменьшается. Но увеличивается внутренняя энергия плиты, так как плита нагревается. Нагревается и окружающий утюг воздух. Таким образом, происходит **теплообмен** между телами: утюгом, плитой и окружающим воздухом. Такой способ изменения внутренней энергии тел называется

теплопередачей. При этом механическая энергия каждого физического тела в рассмотренном примере остаётся неизменной.

Космический корабль входит в плотные слои атмосферы Земли и разогревается. При этом резко уменьшается его скорость. Кинетическая энергия космического корабля переходит во внутреннюю энергию корабля и окружающего воздуха. Это пример, когда механическая энергия, изменяясь, переходит во внутреннюю энергию тела.

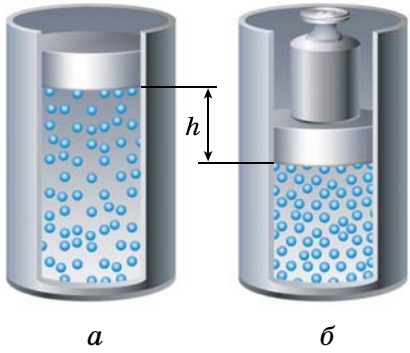


Рис. 2. В цилиндре под поршнем находится газ

В цилиндре под поршнем находится газ (*рис. 2, а*). Если на поршень поставить гирю, то поршень немного опустится (*рис. 2, б*). При этом потенциальная энергия гири уменьшится, что можно легко рассчитать:

$$\Delta E_{\text{п}} = mgh$$

Газ немного сожмётся, и поэтому уменьшатся средние расстояния между его молекулами. Силы взаимодействия (отталкивания) между молекулами увеличатся, следовательно, увеличится внутренняя энергия газа. Увеличение внутренней энергии газа в точности равно уменьшению потенциальной энергии гири, т.е. равно mgh (мы пренебрегли потерями на трение, теплообмен со стенками цилиндра и окружающей средой и т.п.).

В паровой машине пар расширяется, приводя в движение поршень. При этом часть внутренней энергии пара переходит в механическую энергию поршня и соединённых с ним деталей. Но для такого перехода нужны определённые условия, нужна **тепловая машина**.

Мерой изменения механической энергии, как известно, является механическая работа. В примере с космическим кораблём — это работа силы трения, в примере с цилиндром — рабо-

та силы тяжести. Обычно не указывают переходы энергии и силу, совершающую работу, а говорят, что **одним из способов изменения внутренней энергии тела является работа.** Причём, если работа совершается самим телом (газ, расширяясь, перемещает поршень), его внутренняя энергия **уменьшается.**

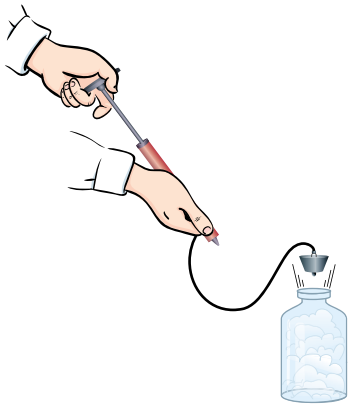


Рис. 3. При совершении газом работы его внутренняя энергия уменьшается

Докажем это, проведя несложный опыт. В колбу по трубочке, пропущенной через пробку, будем накачивать насосом воздух. При этом давление воздуха в колбе и сила давления воздуха на пробку будут увеличиваться. Когда сила давления воздуха на пробку превысит силу трения пробки о горлышко колбы, пробка вылетит (*рис. 3*). Воздух в колбе резко расширится, совершив работу, а внутренняя энергия воздуха **уменьшится.** Об этом можно судить по образованию в колбе тумана, который, как известно, возникает при понижении температуры.

Если работу совершают внешние силы (мальчик, накачивая камеру велосипеда, быстро сжимает воздух в цилиндре насоса), внутренняя энергия тела (воздуха) **увеличивается.** В этом случае иногда говорят, что работа совершается «над телом».

Таким образом, существует два принципиально различных способа изменения внутренней энергии тела — это **теплопередача** и **совершение работы.**

1. Укажите способы изменения внутренней энергии во всех примерах, приведённых в начале параграфа.
2. Одинаковы ли кинетические энергии отдельных молекул тела?
3. Какую энергию называют внутренней?
4. Зависит ли внутренняя энергия тела от его положения относительно Земли? От его положения относительно других тел? От скорости его движения?
5. Как можно изменить внутреннюю энергию тела?

6. Приведите примеры перехода:
   а) внутренней энергии одного тела во внутреннюю энергию другого тела;
   б) механической энергии тела во внутреннюю;
   в) внутренней энергии тела в механическую.
7. В приведённых ниже примерах назовите тела, внутренняя энергия которых уменьшается, и тела, внутренняя энергия которых увеличивается:
   1) горячую ложку опустили в стакан с холодной водой;
   2) на горячие угли положили железный брусок;
   3) чайную ложку опустили в стакан с кипятком;
   4) горячий утюг поставили на металлическую подставку;
   5) в ведро, до половины заполненное горячей водой, добавили полведра холодной воды.
8. Используя рисунок 4, расскажите, как осуществляется теплопередача.
9. Силач в цирке согнул и разогнул металлический прут (*рис. 5*). Что произошло с внутренней энергией прута? На рисунке 6 древний человек добывает огонь. Укажите переходы энергии в приведённых примерах.
10. Составьте план параграфа.
11. В начале параграфа приведены опытные факты и наблюдаемые явления. Добавьте к ним свои наблюдения.
12*. Выполните экспериментальное задание 1 на с. 249.



Рис. 4. К заданию 8

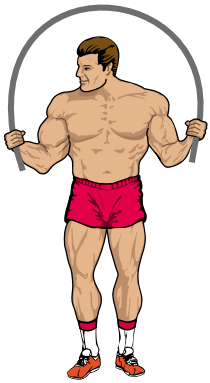


Рис. 5. К заданию 9



Рис. 6. К заданию 9

* Звёздочкой отмечены задания повышенной сложности.

§ 2. Виды теплопередачи

1. Что такое внутренняя энергия тела?	→	1. Это суммарная кинетическая и потенциальная энергия всех частиц, из которых состоит тело.
2. Как переходит внутренняя энергия от горячего тела к холодному при их контакте?	→	2. Молекулы горячего тела, двигаясь с большими скоростями, сталкиваются с молекулами холодного тела и при взаимодействии с ними передают им часть своей энергии.
3. Что такое теплопередача?	→	3. Это передача тепла от одного тела к другому или от одной части тела к другой его части.

Опытные факты и наблюдаемые явления

1. Если опустить холодную ложечку в горячий чай, то другой конец ложечки тоже скоро станет горячим.

2. Если поместить в костёр один конец железного лома, то скоро второй конец станет горячим.

3. Если поднести руки к костру, то почувствуется исходящий от костра жар.

4. «Вся земля теплом согрета, и по ней я бегу босиком» (И. Резник).

5. Батарея отопления, укреплённая под окном, обогревает комнату.

6. Чтобы вскипятить воду в кастрюле, кастрюлю ставят на газовую или электрическую плиту. При этом прогрев воды происходит от разогреваемого дна кастрюли, т.е. снизу.

Общее в приведённых примерах: во всех описанных случаях происходит теплопередача: тепло (внутренняя энергия) переходит от одного конца ложечки к другому, от одного конца лома к другому, от костра к рукам, от Солнца к Земле, от ба-

тареи отопления к воздуху в комнате, от горячего дна к воде; однако сам механизм передачи внутренней энергии различен. Рассмотрим отдельные виды теплопередачи.

Теплопроводность

Когда вы опускаете чайную ложку в стакан с горячим чаем, то нагревается не только та часть ложки, которая опущена в воду, но и та часть ложки, которая находится над водой. Значит, внутренняя энергия может переходить не только от одного тела к другому, но и от одной части тела к другой части того же тела. Как это происходит?

Рассмотрим опыт, схема которого представлена на рисунке 7. В штативе закрепляют горизонтально медный стержень, а затем воском или пластилином прикрепляют к нему гвоздики. Затем в пламени свечи или спиртовки нагревают свободный конец стержня. От нагревания сначала размягчается воск, удерживающий ближайший к пламени свечи гвоздик. Этот гвоздик отрывается от стержня и падает. Затем падает второй гвоздик, третий и т.д. Следовательно, **стержень проводит тепло.**

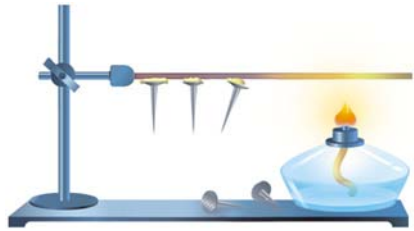


Рис. 7. Явление теплопроводности

В медном стержне, как и во всех твёрдых телах, частицы совершают колебания около положений равновесия. Чем выше температура тела, тем больше скорость прохождения ими положений равновесия. Частицы нагретого конца стержня, взаимодействуя с частицами соседнего слоя, передают им часть своей энергии. Те, в свою очередь, передают часть своей энергии следующему слою частиц и т.д. Так тепло передаётся по стержню. Очень важно отметить, что **сами частицы вдоль стержня не перемещаются.**

Теплопроводностью называется передача внутренней энергии от одной части тела к другой в результате теплового движения и взаимодействия частиц вещества.

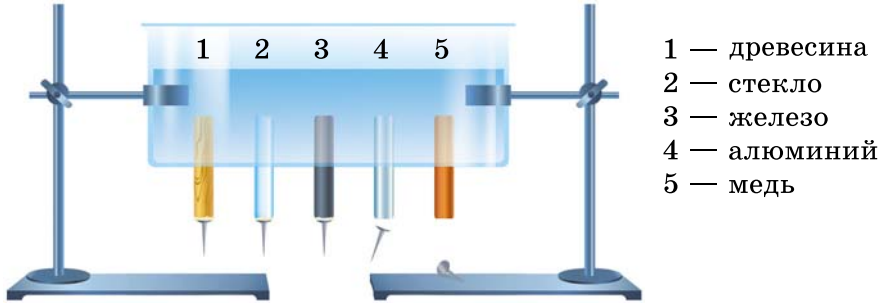


Рис. 8. Разные вещества проводят тепло по-разному

Теплопроводность различных тел не одинакова. В этом можно убедиться, проделав опыт, показанный на рисунке 8. Верхние концы стержней одинакового размера из меди, алюминия, железа, стекла и древесины прогреваются горячей водой. К нижним концам этих стержней воском прикреплены гвоздики. Быстрее всего отпадёт гвоздик от медного стержня. Следовательно, медь — хороший проводник тепла. Через некоторое время отпадёт гвоздик от алюминиевого стержня; затем — от железного. Ждать же, пока прогреются стеклянный и деревянный стержни, придётся очень долго.

Самые лучшие проводники тепла — металлы, а среди них — серебро, медь, алюминий. Очень плохо проводят тепло газы, жидкости, пористые тела, содержащие воздух.

Где используются хорошие и плохие проводники тепла? Хорошие проводники тепла применяются в радиаторах автомобилей и для отопления жилых помещений. Плохие проводники тепла применяются при строительстве домов, а также при изготовлении одежды, обуви и др.

Конвекция

Почему батареи центрального отопления устанавливают внизу под окнами, а не около потолка? Почему воду в кастрюле или колбе нагревают снизу?

Воздух вблизи батареи нагревается. При этом он расширяется — его плотность становится меньше плотности холодного воздуха. На нагретый слой воздуха начинает действовать архимедова сила, и он поднимается вверх, замещаясь холодным воздухом.

Аналогичные явления происходят и при нагревании воды в кастрюле или в колбе (*рис. 9*). Прогретая вода, имеющая меньшую плотность, поднимается вверх, а на её место поступает холодная вода.



Рис. 9. Конвекция в жидкости

Передача тепла при перемещении тёплых и холодных слоёв жидкости или газа называется конвекцией.

Конвекция является очень распространённым явлением в природе. Рисунок 10 объясняет образование ночного и дневного бриза.

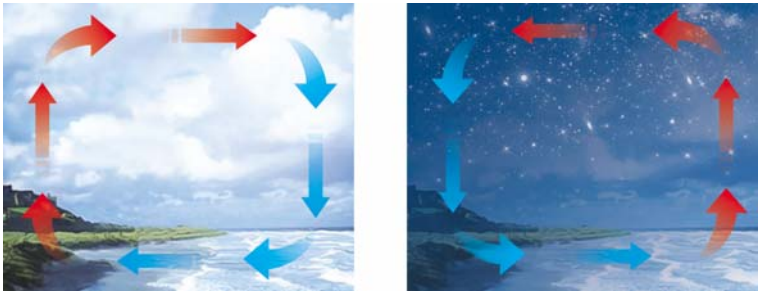


Рис. 10. Дневной и ночной бриз

В технике конвекция используется в системе охлаждения двигателей автомобилей (*рис. 11*). Нагретая цилиндрами (1) вода поднимается вверх и через патрубок поступает в радиатор (2). Охлаждаясь потоком воздуха, создаваемым движением автомобиля и вентилятором (3), вода опускается вниз и через нижний патрубок радиатора опять поступает к цилиндрам.

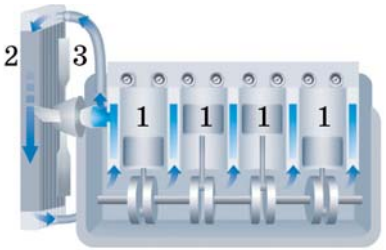


Рис. 11. Охлаждение двигателя

Пример использования конвекции в быту — устройство деревенской печи или камина. Так как для процесса горения необходим кислород, над топкой устанавливается труба (*рис. 12*). При сгорании топлива воздух в трубе

нагревается, расширяется и поднимается вверх, образуя **тягу**. Снизу поступает новый воздух, содержащий кислород.



Рис. 12. Образование тяги

Излучение

В ясный летний день под солнечными лучами нагреваются асфальт и стены зданий. Каким же образом тепло от Солнца передаётся к Земле?

Теплопроводность и конвекция исключаются, так как между Солнцем и Землёй безвоздушное пространство. Здесь осуществляется ещё один вид теплопередачи — излучение. Природа тепловых лучей будет изучена позднее, в старших классах. Излучение отличается от других видов теплопередачи тем, что может осуществляться в полном вакууме.

Излучают энергию все тела: звёзды, камин, тело человека, включённые в электрическую сеть утюг, чайник, лампа накаливания, крыша, нагретая лучами Солнца, и т.д. Чем выше температура тела, тем больше энергии оно передаёт путём излучения.

Выясним, в каких случаях тело нагревается тепловыми лучами сильнее, а в каких случаях слабее. Воспользуемся **теплоприёмником** — круглой металлической коробочкой.

Одна сторона коробочки блестящая, а другая — чёрная и матовая. Теплоприёмник может соединяться резиновой трубкой с манометром (*рис. 13*). Если коробочка и воздух в ней нагреваются, то давление воздуха увеличивается. Это обнаруживается по перемещению жидкости в манометре.

Если расположить на некотором расстоянии от блестящей стороны теплоприёмника электрическую лампу или электроплитку, то теплоприёмник будет нагреваться, но очень слабо. Если же теплоприёмник повернуть к лампе тёмной стороной, то его нагревание будет происходить значительно быстрее.

Предметы, имеющие тёмную окраску и шероховатую поверхность, поглощают энергию излучения лучше и сильнее

нагреваются. Наоборот, предметы гладкие, блестящие, имеющие светлую окраску, хорошо отражают тепловые лучи и нагреваются значительно слабее.



Рис. 13. Теплоприёмник

Именно поэтому цистерны, в которых хранят нефть, бензин, керосин, окрашивают в серебристо-белый цвет. Светлую окраску имеют самолёты, дирижабли. Солнечные батареи на искусственных спутниках Земли, наоборот, имеют чёрный цвет.

Тела, имеющие тёмную окраску, не только сильнее поглощают тепловые лучи, но и сильнее излучают. Поэтому закопчённый чайник остывает быстрее, чем блестящий.

1. В тёплую комнату внесли два куска льда. Один из них накрыли шубой. Какой кусок льда растает быстрее?
2. Предложите признаки, по которым можно классифицировать вещества и материалы: войлок, железо, гранит, опилки, медь, снег, лёд, вата, древесина, бетон, алюминий, пух, вакуум, пробка, пенопласт, пластмасса, олово, мрамор.
3. За счёт какого вида теплопередачи изменяется внутренняя энергия тел, выделенных шрифтом, в следующих примерах:
   а) турист греет **руки** над разгорающимся костром;
   б) **чай** в железной кружке, поставленной на подоконник, быстро остывает;
   в) хозяйка, погладив бельё, поставила **утюг** на железную подставку;

г) горячую металлическую **ложку** опустили в стакан с холодной водой.

4. Опишите явления теплопроводности и конвекции.
5. Какими способами может происходить передача энергии в твёрдых телах, жидкостях, газах, вакууме?
6. Составьте план параграфа.
7. В начале параграфа приведены опытные факты и наблюдаемые явления. Добавьте к ним пример из своих наблюдений.

§ 3. Количество теплоты



1. Что такое внутренняя энергия тела?	→	1. Сумма кинетической и потенциальной энергии всех частиц, из которых состоит тело.
2. Как можно изменить внутреннюю энергию тела?	→	2. При помощи теплопередачи и совершения работы.
3. Перечислите виды теплопередачи.	→	3. Теплопроводность, конвекция, излучение.

Опытные факты и наблюдаемые явления

1. Если на одну и ту же горячую плитку поставить железную гирю массой 100 г и стакан с водой общей массой 100 г, то через некоторое время гиря будет иметь температуру значительно выше, чем температура воды в стакане.

2. Прогретые до одной и той же температуры свинцовый и медный цилиндры одинаковой массы опустили в одинаковые стаканы с водой комнатной температуры. После теплообмена цилиндров с водой оказалось, что установившаяся температура в первом стакане (свинцовый цилиндр) ниже, чем температура во втором стакане.

Вывод: температура тел из различных веществ при получении в процессе теплопередачи одинаковой энергии изменя-

ется неодинаково; для одинакового увеличения температуры разным веществам необходима разная энергия.

В приведённых примерах нет совершения работы, внутренняя энергия тел (гиря, вода, медный и свинцовый цилиндры) изменяется исключительно путём теплопередачи (*рис. 14*).

Та часть внутренней энергии, которую тело получает или теряет при теплопередаче, называется количеством теплоты.

Количество теплоты обозначают буквой Q («ку»). Единицей количества теплоты в СИ является **джоуль (Дж).**



Рис. 14. Штриховыми линиями обведено количество теплоты

Допустим, вода массой 100 г нагревается в тонкостенном стеклянном стакане; в другом таком же стакане нагревается 100 г подсолнечного масла. Нагревание происходит на одинаковых горелках. Опыт показывает, что при сообщении маслу и воде одинакового количества теплоты масло будет иметь более высокую температуру. Объяснить это можно тем, что для нагревания воды массой 100 г требуется большее количество теплоты, чем для нагревания масла той же массы: вода имеет большую **теплоёмкость.**

Долгое время учёные предполагали, что существует особого рода жидкость — **теплород**, которая при нагревании тела постепенно заполняет его. Считалось, что чем больше теплорода требуется для нагревания тела на 1 °С, тем больше теп-

лоёмкость этого тела. Сейчас представления о природе теплоты изменились, однако понятие «теплоёмкость» сохранилось.

Теплоёмкостью тела называется количество теплоты, которое надо передать этому телу для повышения его температуры на 1 °С или на 1 К.

Для сравнения теплоёмкостей тел из различных веществ удобно брать тела одинаковой массы, например 1 кг.

Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К, называется удельной теплоёмкостью вещества.

При остывании тело отдаёт окружающим телам то количество теплоты, которое оно получило при нагревании. Сегодня для каждого вещества эмпирически (опытным путём) определена величина удельной теплоёмкости.

Удельная теплоёмкость обозначается буквой c. Единицей удельной теплоёмкости вещества в СИ является Дж/(кг·К).

Ниже, в таблице 1, представлены удельные теплоёмкости некоторых веществ (при нормальном атмосферном давлении и температуре 20 °С).

Таблица 1

Вещество	c, Дж/(кг·К)	Вещество	c, Дж/(кг·К)
Алюминий	920	Вода	4200
Лёд	2100	Глицерин	2400
Стекло оконное	700	Спирт	2500
Кирпич	850	Эфир	2330
Чугун	540	Керосин	2100
Сталь	500	Масло растит.	1800
Железо	460	Ртуть	130
Цинк	400	Азот	1050
Медь	400	Воздух	1000
Свинец	140	Кислород	910

Из курса физики 7 класса вы знаете, что **разность температур** Δt° по шкале Цельсия и ΔT по абсолютной шкале температур выражается одним и тем же числом.

Из таблицы видим, что удельная теплоёмкость, например стали, равна 500 Дж/ (кг·К). Это означает, что для нагревания стальной детали массой 1 кг на 1 К (или на 1 °С) требуется количество теплоты 500 Дж, или при нагревании 1 кг стали на 1 К внутренняя энергия стали увеличится на 500 Дж.

Таким образом, для нагревания вещества массой 1 кг на 1 К (1 °С) требуется количество теплоты, численно равное удельной теплоёмкости вещества. Для нагревания вещества массой m на 1 К требуется количество теплоты в m раз большее. Для нагревания вещества массой m на ΔT требуется количество теплоты, ещё в ΔT раз большее, т.е. $Q = cm\Delta T$.

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, рассчитывается по формуле: $Q = cm\Delta T$ или $Q = cm\Delta t$.

По этим же формулам можно рассчитать количество теплоты, которое тело отдаёт при остывании.

Если опустить горячее тело, например медную гирю, в сосуд с холодной водой, между гирей и водой будет происходить теплообмен: гиря будет отдавать некоторое количество теплоты Q_1, а вода — принимать некоторое количество теплоты Q_2.

Внутренняя энергия гири будет уменьшаться, а внутренняя энергия воды — **увеличиваться**. Это будет происходить до тех пор, пока температура гири не станет равной температуре воды, или, как говорят, между гирей и водой не установится тепловое равновесие. Если пренебречь переходом внутренней энергии ко всем другим телам (к сосуду, к окружающему воздуху, к подставке и т.д.), то систему тел можно будет считать **теплоизолированной**. Тогда окажется, что $Q_1 = Q_2$.

Так как механическая работа в этом случае не совершается, уменьшение внутренней энергии гири равно увеличению внутренней энергии воды. Следовательно, внутренняя энергия теплоизолированной системы остаётся неизменной. В этом заключается закон сохранения энергии в тепловых процессах.

При остывании гиря отдаёт количество теплоты

$$Q_1 = c_1 m_1 (T_1 - T),$$

где T_1 — начальная температура гири; а T — температура, установившаяся в сосуде после теплообмена; c_1 — удельная теплоёмкость меди; m_1 — масса гири.

При нагревании вода принимает количество теплоты

$$Q_2 = c_2 m_2 (T - T_2),$$

где c_2 — удельная теплоёмкость воды; m_2 — масса воды; T_2 — начальная температура воды.

$$c_1 m_1 \Delta T_1 = c_2 m_2 \Delta T_2$$

Это **уравнение теплового баланса**. В теплоизолированной системе количество теплоты, отдаваемое нагретыми телами при охлаждении, равно количеству теплоты, получаемому холодными телами при нагревании.

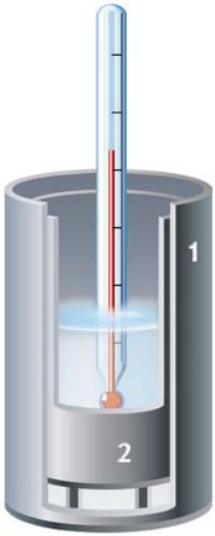


Рис. 15. Калориметр

Зная удельную теплоёмкость воды, можно в школьной лаборатории определить удельную теплоёмкость другого вещества, например алюминия.

Для этого используется калориметр — прибор, позволяющий телу длительное время сохранять свою внутреннюю энергию (*рис. 15*). Он состоит из двух стаканов 1 и 2 (медных или алюминиевых), вставленных один в другой так, чтобы внутренний стакан не касался внешнего. Подставка делается из вещества с плохой теплопроводностью, например из пробки, картона, пластмассы. Благодаря плохой теплопроводности подставки и воздуха между стаканами жидкость, налитая во внутренний стакан, остывает достаточно медленно, сохраняя свою внутреннюю энергию. Если в калориметр налить холодную воду, то её нагревание от окружающего воздуха будет происходить также очень медленно.

1. Используя схему (см. рис. 14), расскажите о способах изменения внутренней энергии тела.
2. От чего зависит количество теплоты, поглощаемое телом при нагревании?
3. Опишите физическую величину «удельная теплоёмкость вещества».

4. Удельная теплоёмкость железа 460 Дж/(кг·К). Что это значит?
5. Сколько энергии потребуется для:
   - нагрева чугуна массой 2 кг на 1 °С;
   - нагрева чугуна массой 1 кг на 2 °С;
   - нагрева чугуна массой 2 кг на 2 °С?
6. Из таблицы 1 видно, что вода имеет очень большую удельную теплоёмкость. Как это отражается на климате различных материков нашей планеты?
7. На рисунке 16 представлены графики нагревания воды и подсолнечного масла. Массы воды и масла одинаковы. Нагреватели тоже одинаковые. Как изменились температуры масла и воды через 40 с после начала нагревания? Ответ дайте в градусах Цельсия и кельвинах.
   Какое время потребовалось для нагревания воды и масла на 20 К?

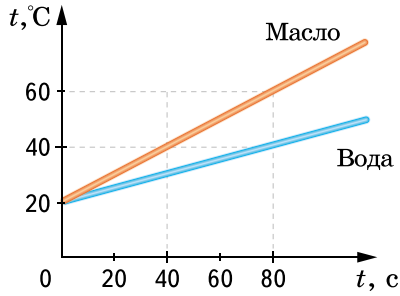


Рис. 16. К заданию 7

8. Почему в калориметре вода остывает медленно?
9. Какое количество теплоты требуется для нагревания железного утюга массой 0,5 кг на 600 К?
10. На сколько градусов повысится температура медной гири массой 1 кг при сообщении ей энергии, равной 1 кДж?
11. В алюминиевой кастрюле массой 0,5 кг нагревается вода массой 4 кг. Во сколько раз количество теплоты, которое идёт на нагревание воды, больше количества теплоты, которое идёт на нагревание кастрюли?
12. Смешали воду массой 2 кг при температуре 100 °С и воду массой 4 кг при температуре 20 °С. Какая установилась температура?
13. Стальной болт массой 200 г, прогретый до 100 °С, опустили в воду массой 400 г при температуре 10 °С. Какая общая температура установилась?

Лабораторная работа 1

Сравнение количества теплоты при смешивании горячей и холодной воды

Цель работы: научиться определять и сравнивать количество теплоты, отданное горячей водой, и количество теплоты, полученное холодной водой при теплообмене. Ознакомиться с устройством калориметра.

Приборы и материалы: калориметр, мензурка, термометр, стакан.

Подготовка к работе

1. Запишите формулу для нахождения количества теплоты, которое тело получает при нагревании (отдаёт при охлаждении).
2. Что можно сказать о количестве теплоты, отданном горячей водой и полученном холодной водой при их перемешивании?
3. Выведите формулу для расчёта конечной температуры смеси воды для случаев, когда массы воды разные и одинаковые.
4. От чего зависит конечная температура смеси воды?
5. Каково назначение калориметра?
6. Что в устройстве калориметра позволяет уменьшить теплообмен содержимого внутреннего сосуда с внешней средой?

Указания к работе

1. Начертите в тетради таблицу 2.

Таблица 2

Масса горячей воды m_1, кг	Температура горячей воды t_1, °C	Температура смеси t, °C	Количество теплоты, отданное горячей водой Q_1, Дж	Масса холодной воды m_2, кг	Температура холодной воды t_2, °C	Количество теплоты, полученное холодной водой Q_2, Дж

2. Налейте во внутренний стакан калориметра горячую воду массой 100 г, а в стеклянный стакан — столько же холодной воды.

3. Измерьте температуру холодной и горячей воды.

4. Осторожно перелейте холодную воду в сосуд с горячей водой и аккуратно перемешайте термометром. Измерьте температуру воды t после перемешивания.

5. Рассчитайте количество теплоты Q_1, отданное горячей водой при её остывании до температуры смеси t. Рассчитайте количество теплоты Q_2, полученное холодной водой при её нагревании до температуры смеси t.

6. Сравните количество теплоты, отданное горячей водой, с количеством теплоты, полученным холодной водой. Сделайте вывод.

Ответьте на вопросы

1. В чём может быть причина несовпадения значений количества теплоты, отданного горячей водой и полученного холодной водой?

2. Какие потери теплоты происходили в данном эксперименте?

3. Какой должна быть конечная температура смеси воды, если бы не было потерь теплоты?

Лабораторная работа 2

Определение удельной теплоёмкости вещества

Цель работы: научиться измерять удельную теплоёмкость вещества.

Приборы и материалы: калориметр, мензурка, металлический цилиндр на нити, весы с разновесами, термометр, электрочайник (один на класс).

Подготовка к работе

1. Запишите формулы для расчёта количества теплоты, полученного водой от цилиндра и отданного цилиндром воде. Как изменилась внутренняя энергия воды и цилиндра?

2. Запишите уравнение теплового баланса для воды и цилиндра.

3. Выразите из уравнения теплового баланса удельную теплоёмкость вещества цилиндра.

Указания к работе

1. Начертите в тетради таблицу 3.

Таблица 3

Масса цилиндра $m_ц$, кг	Масса воды $m_в$, кг	Температура воды $t_в$, °C	Температура цилиндра после прогревания $t_ц$, °C	Температура воды после теплообмена t, °C	Удельная теплоёмкость вещества $c_ц$, Дж/кг·К

2. Определите массу металлического цилиндра.

3. Отмерьте при помощи мензурки 150 г воды и налейте её во внутренний стакан калориметра.

4. Измерьте температуру холодной воды.

5. Прогрейте цилиндр в кипящей воде, затем осторожно и быстро перенесите его в калориметр. Помешивая воду, следите за показаниями термометра. Заметьте температуру t, которая установится в результате теплообмена.

6. По результатам измерений определите удельную теплоёмкость вещества:

$$c_ц = \frac{c_в m_в (t - t_в)}{m_ц (t_ц - t)}$$

7. Сравните полученное значение удельной теплоёмкости вещества с табличным. Сделайте вывод, из какого вещества может быть изготовлен цилиндр.