



## § 3.

## Теплопроводность

В предыдущем параграфе мы условились говорить о количестве теплоты только в том случае, если внутренняя энергия тела изменяется без совершения работы, т. е. путем теплообмена. Какие виды теплообмена существуют в природе?

Всем нам известно, что теплота может «путешествовать» с одного места в другое. При размещивании углей металлическим стержнем (рис. 14) нагревается и тот его конец, который не находится в пламени. Верхняя часть ложки, частично погруженной в горячий чай, нагревается, хотя непосредственно в чае не находится.



Рис. 14

В обоих случаях происходит перенос энергии от более нагретых частей тела к менее нагретым. Приведите сами примеры подобного переноса. Как происходит перенос энергии?

Проведем опыт. К медному стержню пластилином прикрепим несколько одинаковых гвоздиков (можно палочек) (рис. 15). Свободный конец стержня будем нагревать в пламени спиртовки. Мы заметим, что сначала отпадут гвоздики, находящиеся ближе к пламени. Затем поочередно все остальные. Почему так происходит?

В твердом теле (металле) частицы взаимодействуют: притягиваются или отталкиваются. При этом они совершают колебательные движения (рис. 16). В пламени спиртовки температура свободного конца медного стержня повышается. А это значит, увеличивается средняя кинетическая энергия колебательного движения его частиц. Так как частицы взаимодействуют, то усиливаются колебания и соседних частиц, а от них — следующих и так далее по всему стержню. Заметим, что в этом виде теплообмена *перенос самого вещества не происходит*.

Процесс переноса теплоты (энергии) от более нагретых тел или частей тела к более холодным в результате теплового движения и взаимодействия частиц называется **теплопроводностью**.

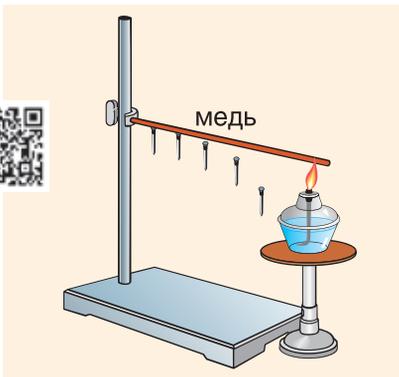


Рис. 15

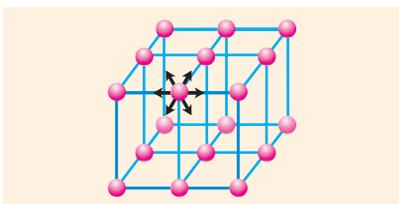


Рис. 16

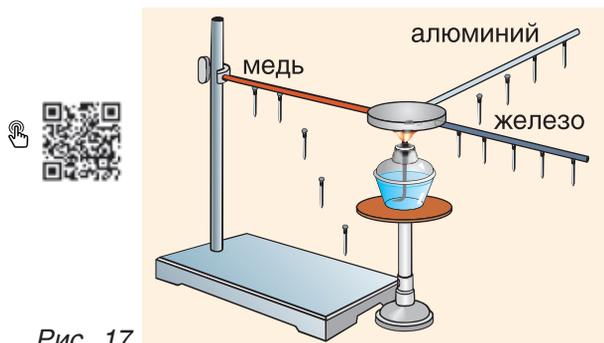


Рис. 17



Рис. 18

Перенос энергии идет до тех пор, пока температура не станет одинаковой по всему телу.

У разных веществ теплопроводность неодинаковая (рис. 17). Теплопроводность меди больше, чем теплопроводность алюминия и железа. Малую теплопроводность имеют пластмасса, древесина, стекло. Именно поэтому деревянные дома хорошо сохраняют теплоту. Ручки кастрюль, паяльников чаще всего делают из пластмассы, дерева (рис. 18). Пластмасса, дерево и другие слабо проводящие теплоту материалы называются *теплоизоляторами*.

А могут ли проводить теплоту газы? Проведем опыт: поместим в открытый конец пробирки термометр (рис. 19) и будем нагревать пробирку с противоположного конца. Нагревание воздуха идет очень медленно, что подтверждается малым повышением температуры. Чем объясняется слабая теплопроводность газов? Вспомните, что силы взаимодействия молекул газов при нормальном давлении практически равны нулю. Значит, энергия переносится только за счет хаотического движения молекул и столкновений между ними. Теплопроводность воздуха почти в 10 000 раз меньше теплопроводности меди. Теперь вы можете объяснить, почему для утепления домов, построек для скота используют пористые, содержащие воздух вещества: пенопласт, войлок.

Вата, шерсть, пух, мех и подобные им материалы содержат между волокнами воздух и поэтому являются хорошими защитниками от холода для человека, животных и птиц (рис. 20).

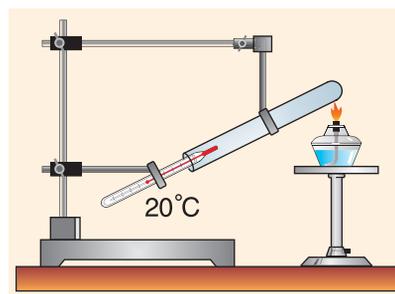


Рис. 19



Рис. 20

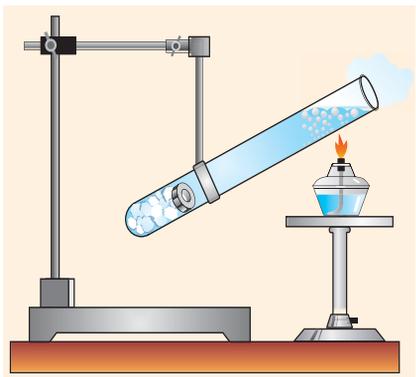


Рис. 21

А какова теплопроводность жидкостей? Возьмем пробирку с кусочками льда и водой. Будем ее нагревать (рис. 21). Когда вода в верхней части пробирки закипит, в нижней — все еще будет лед. Это говорит о малой теплопроводности воды, хотя она больше, чем воздуха. Действительно, теплопроводность воды примерно в 25 раз выше, чем воздуха, но приблизительно в 330 раз меньше теплопроводности меди. Металлы в жидком состоянии (ртуть, олово и др.) обладают большой теплопроводностью.

### ■ Главные выводы

1. Теплопроводность обусловлена хаотическим движением и взаимодействием частиц.
2. При теплопроводности нет переноса вещества.
3. Перенос энергии идет от более нагретых тел или частей тела к менее нагретым. Процесс продолжается до тех пор, пока температура не станет одинаковой по всему телу.

### ? Контрольные вопросы

1. Что называется теплопроводностью?
2. Чем отличаются механизмы переноса теплоты путем теплопроводности в твердых телах и газах?
3. Будет ли изменяться теплопроводность воздуха при его расширении? Сжатии? Почему?
4. Как долго продолжается процесс переноса тепла (энергии) при контакте двух тел, имеющих разные начальные температуры?
5. Возможна ли теплопроводность в сильно разреженных газах?

### ➔ Домашнее задание

Возьмите две одинаковые по массе спицы: пластмассовую и металлическую. Опустите их одним концом в стакан с горячей водой. Через минуту коснитесь свободных концов спиц. Объясните результат опыта.

### Упражнение 3

1. Почему посуда для приготовления пищи (рис. 22) изготавливается из хорошо проводящих теплоту материалов (стали, чугуна)?



Рис. 22

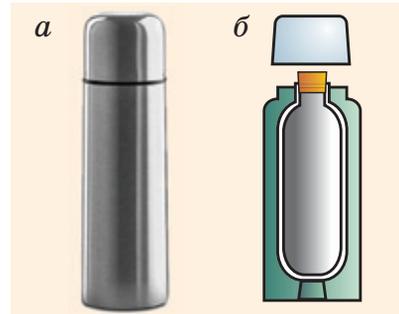


Рис. 23

2. Сегодня в наших домах устанавливают окна с двухкамерными стеклопакетами, а в Якутии — с трех- и даже пятикамерными. Почему?

3. Проанализируйте выражение: «Шуба греет человека». Кто кого греет?

4. Почему при измерении температуры тела термометр нужно держать в контакте с телом не менее 5—7 мин?

5. Почему стальные ножницы на ощупь кажутся более холодными, чем деревянный карандаш, находящийся в той же комнате? Одинакова ли их температура?

6. Плотность одного куска пенопласта  $\rho_1 = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , а другого —  $\rho_2 = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Одинакова ли теплопроводность кусков пенопласта?

 7. Почему в термосе (рис. 23, а) долго сохраняются горячими чай, кофе? Зачем откачивают воздух из пространства между двойными стеклами термоса (рис. 23, б)?

8. Латунный, медный и стальной бруски с разными начальными температурами привели в соприкосновение. На рисунке 24 стрелками показано направление теплопередачи между ними. Сравните начальные температуры брусков.

9. Зимой куропатки, спасаясь от морозов, зарываются в снег (рис. 25). Почему снег предохраняет куропаток от замерзания?

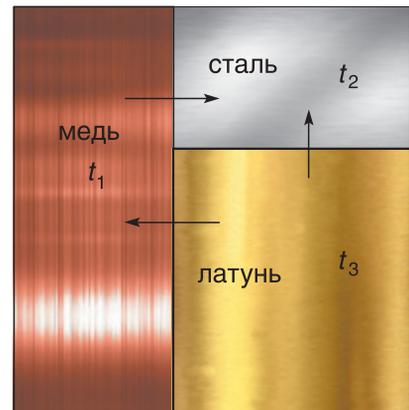


Рис. 24



Рис. 25



## § 4.

## Конвекция

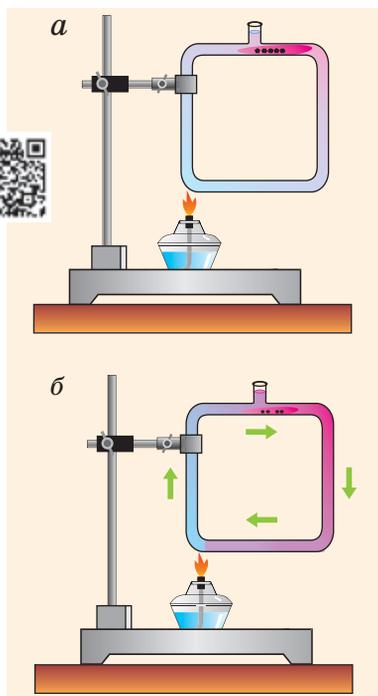


Рис. 26



Рис. 27



Рис. 28

Обратите внимание на место нагревательного элемента в электрочайнике. Он расположен внизу у дна. Тем не менее вода нагревается по всему объему. Как это происходит? Благодаря чему нагревается воздух по всему объему комнаты, если отопительные батареи стоят внизу у пола? Это происходит за счет конвекции — одного из видов теплообмена. Что же такое конвекция?

Обратимся к опыту. В трубку с холодной водой опустим несколько кристалликов марганцовки. Будем нагревать трубку снизу (рис. 26). Мы увидим, как нагретые нижние слои воды поднимаются вверх. Верхние слои, как более холодные, а значит, более плотные, опускаются вниз, нагреваются и устремляются вверх. Через некоторое время вода нагреется по всему объему трубки. Так идет перенос теплоты (энергии) в жидкостях.

Наблюдать перенос теплоты (энергии) в газах, например в воздухе, можно, проделав такой опыт. Зажжем свечу. Нагретый над пламенем свечи воздух перемещается вверх (рис. 27). Поставив на пути пластмассовую пластинку, можно изменить направление потока. Это видно на экране.

Объем жидкостей и газов при нагревании увеличивается, а плотность уменьшается. Слои становятся легче, поднимаются вверх, перенося с собой энергию, что приводит к выравниванию температуры по всему объему жидкости или газа.

**Перенос энергии в жидкостях и газах потоками вещества называется конвекцией.**

А возможна ли конвекция в твердых телах?

Очевидно, нет, так как в твердом теле вещество не может перемещаться по объему. Вспомните жесткую структуру алмаза (рис. 28).

Благодаря конвекции создается необходимая для полного сжигания топлива тяга. Она чрезвычайно важна для хорошей работы домашних печей и каминов. Для создания тяги даже небольшие котельные имеют трубы высотой в несколько

десятков метров. Трубы одной из крупнейших в Европе Лукомльской теплоэлектростанции имеют высоту 250 м каждая (рис. 29). Сегодня Лукомльская теплоэлектростанция — один из флагманов белорусской энергетики.



Рис. 29

Примером использования конвекции является система водяного отопления (рис. 30). Нагретая (в котельных или теплоэлектроцентралях — ТЭЦ) вода по трубопроводам поступает в здание. По вертикальной трубе (стояку) горячая вода поднимается вверх, попадает в отопительные батареи (радиаторы). Батареи отдают энергию воздуху в помещении, вода в них остывает. Остывшая вода из батарей по второй трубе возвращается обратно. Отопительные батареи стоят внизу (под окнами) и путем конвекции нагревают воздух по всему объему помещения.



Рис. 30

Благодаря конвекции нагревается вода в кастрюле на электрической или газовой плите.

### ▼ Для любознательных

Конвекцией объясняются ночные и дневные бризы — ветры, возникающие на берегах морей и океанов. В солнечный летний день воздух над сушей, более теплый, чем над водой, устремляется вверх. Это вызывает понижение давления над сушей, куда с моря перемещается холодный воздух. Это — дневной бриз. Самостоятельно определите направление и причины ночного бриза.

### ■ Главные выводы

1. Конвекция — процесс передачи тепловой энергии потоками жидкости или газа.
2. При конвекции происходит перемещение вещества — жидкости или газа.
3. Конвекция невозможна в твердых телах.

### ? Контрольные вопросы

1. Что представляет собой конвекция?
2. Почему конвекция невозможна в твердых телах?
3. Что общего и различного у конвекции и теплопроводности?



## § 5.

## Излучение



Рис. 31



Рис. 32

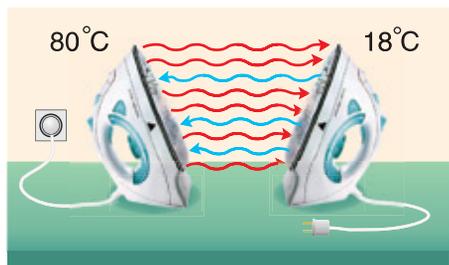


Рис. 33

В холодном помещении мы растапливаем камин (рис. 31) и, устроившись напротив, получаем удовольствие от тепла, идущего от него. Но как в данном случае передается к нам тепловая энергия? Ни теплопроводность, ни конвекция не могут быть причиной такой передачи энергии. Теплопроводность у воздуха очень мала. Конвекционные потоки движутся вверх.

Существует еще один вид теплообмена — излучение, который возможен и там, где среда очень сильно разрежена (например, в космосе). Излучением к Земле переносится теплота от такого мощного источника, как Солнце. Костер (рис. 32), нагретая печь, камин и др. — все это примеры источников, которые наряду с конвекцией и теплопроводностью передают энергию более холодным телам посредством излучения.

Любое тело излучает и поглощает энергию. В результате теплообмена перенос энергии (теплоты) идет от более нагретого тела к менее нагретому. «Холодное» тело тоже излучает энергию, но меньше, чем поглощает (рис. 33). «Горячее» же тело, наоборот, излучает энергии больше, чем поглощает. В итоге «горячее» тело охлаждается, а «холодное» — нагревается.

Механизм излучения сложен. С ним вы познакомитесь в 11-м классе. Здесь подчеркнем то, что при излучении происходит перенос энергии не частицами вещества, а электромагнитными волнами. Электромагнитные волны распространяются и в пустоте. Именно поэтому для излучения не требуется среда.

От чего зависит, насколько эффективно будет идти излучение? Проведем опыт. Два теплоприемника соединим с коленами манометра (рис. 34). Поднесем их черными сторонами к сосуду с го-

рячей водой, одна половина которого зачернена, а другая — белая. Уровень жидкости в колене 1 манометра стал ниже, чем в колене 2. Значит, давление в теплоприемнике I выше, чем в теплоприемнике II. А это говорит о том, что воздух в теплоприемнике, обращенном к зачерненной поверхности сосуда, нагрелся сильнее. Следовательно, тела с темной поверхностью излучают больше энергии (теплоты), чем тела со светлой поверхностью. Поэтому тела с темной поверхностью остывают быстрее, чем со светлой.

А есть ли различие в поглощении энергии этими телами? Видоизменим опыт. К сосуду с горячей водой, вся поверхность которого зачернена, повернем теплоприемники разными сторонами: I — черной, II — белой (рис. 35). Уровень жидкости в колене 1 манометра стал ниже. Значит, воздух в теплоприемнике, обращенном к сосуду черной стороной, поглотил больше энергии и нагрелся сильнее. Таким образом, тела с темной поверхностью поглощают больше энергии, чем тела со светлой поверхностью. Поэтому они нагреваются быстрее.

**Тело, которое больше поглощает энергии, больше и излучает.**

Этот факт учитывается в технике и быту. Самолеты, скафандры космонавтов (рис. 36), холодильники, морозильные камеры окрашивают в серебристый или светлые цвета, чтобы они меньше нагревались. В жару носят светлую одежду. Бак для душа на дачном участке красят в черный цвет, чтобы использовать солнечную энергию для нагревания воды.

Излучают энергию тела человека и животных. Современные приборы (тепловизоры) позволяют не только зафиксировать излучение, но и показать различие излучений участков тела, имеющих разную температуру. На снимке (рис. 37) представлен «тепловой портрет» кота.

Иногда в северных районах лед на реках окрашивают с самолета в черный цвет еще до наступления паводка, чтобы избежать бурного ледохода.

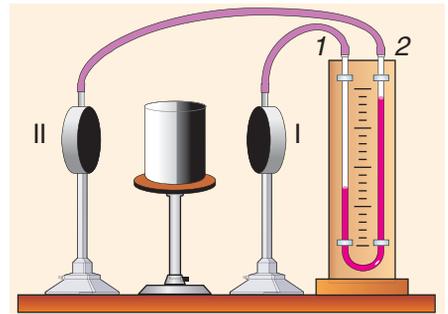


Рис. 34

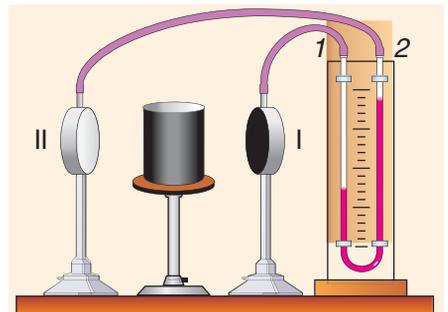


Рис. 35



Рис. 36

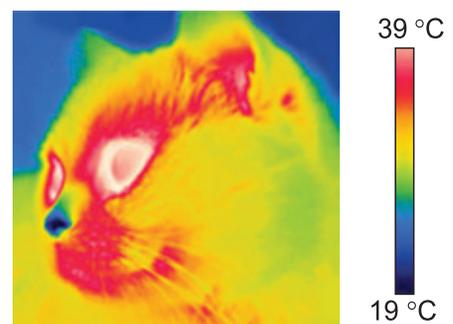


Рис. 37

### ▼ Для любознательных

Отметим важную роль площади излучающей (или поглощающей) поверхности. Так как тепловое излучение происходит с каждой единицы площади поверхности, то чем больше поверхность, тем больше излучается (поглощается) теплоты. Поэтому, например, радиаторы водяного отопления (рис. 38) имеют сложную ребристую поверхность. Хотя при производстве проще и дешевле было бы изготавливать радиаторы более простых форм (прямоугольной, цилиндрической). Большая площадь нагретого тела увеличивает теплопередачу и другими способами — теплопроводностью и конвекцией.



Рис. 38

### ▣ Главные выводы

1. Перенос энергии от более нагретых тел к более холодным может осуществляться излучением.
2. Излучение — единственный вид теплообмена, не требующий наличия среды.
3. Все нагретые тела не только излучают, но и поглощают энергию.
4. Тела, окрашенные в темные цвета, больше поглощают и больше излучают энергии, чем тела, имеющие светлую окраску.

### ? Контрольные вопросы

1. Как изменяется температура тела при излучении энергии? При поглощении телом энергии?
2. Если изменение температуры тела прекратилось, значит ли это, что тело больше не излучает?
3. Закончите фразу: «Если тело больше поглощает энергии, то оно...».
4. Чем отличается передача теплоты излучением от других видов теплообмена?

### ➔ Домашнее задание

Измерьте температуру воздуха в вашей квартире у пола и потолка. Совпадают ли показания термометра? Почему?

## Упражнение 4

1. Почему окна в режиме проветривания открываются в верхней части?

2. Как поступить, чтобы быстрее охладить бутылку минеральной воды: поставить ее на лед или обложить льдом сверху?

3. Подвал — самое холодное место в доме. Почему?

4. В каком из электрочайников (рис. 39) одинакового объема вода остынет раньше?

5. Укажите причины, по которым снег в городе тает раньше, чем в деревне.

6. Лед, имеющий температуру  $t_1 = -5\text{ }^\circ\text{C}$ , поместили в морозильную камеру. Как будет изменяться его температура, если температура в камере: а)  $t_2 = -10\text{ }^\circ\text{C}$ ; б)  $t_3 = -5\text{ }^\circ\text{C}$ ; в)  $t_4 = -1\text{ }^\circ\text{C}$ ? Почему?

7. Вагоны-рефрижераторы для перевозки скоропортящихся продуктов (мяса, рыбы, фруктов) имеют двойные стенки. Пространство между стенками заполняют пенопластом, а наружные поверхности окрашивают в белый или желтый цвета. Какие физические явления учтены в конструкции вагона-рефрижератора?

8. Маша доказывает, что в жару в белой одежде прохладнее, чем в черной, поскольку она меньше поглощает солнечной энергии. Дима считает, что лучше носить черную одежду, так как она больше излучает. Кто из ребят прав? Почему?

 9. Почему поверхность цилиндров двигателя мотоцикла делают ребристой (рис. 40)?

 10. При горении верхняя часть широкой парафиновой свечи размягчается и плавится (рис. 41). Какие виды теплопередачи играют основную роль при передаче энергии от пламени к парафину?



Рис. 39



Рис. 40



Рис. 41