

Электрическая дуга

Электрическая дуга — это один из видов газового разряда. Получить ее можно следующим образом. В штативе закрепляют два угольных стержня заостренными концами друг к другу и присоединяют к источнику тока. Когда уголи приводят в соприкосновение, а затем слегка раздвигают, между концами углей образуется яркое пламя, а сами уголи раскаляются добела. Дуга горит устойчиво, если через нее проходит постоянный электрический ток. В этом случае один электрод является все время положительным (анод), а другой — отрицательным (катод). Между электродами находится столб раскаленного газа, хорошо проводящего электричество. Положительный уголь, имея более высокую температуру, стораёт быстрее, и в нем образуется углубление — положительный кратер. Температура кратера в воздухе при атмосферном давлении доходит до $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дуга может гореть и между металлическими электродами. При этом электроды плавятся и быстро испаряются, на что расходуется большая энергия. Поэтому температура кратера металлического электрода обычно ниже, чем угольного ($2000\text{--}2500\text{ }^{\circ}\text{C}$). При горении дуги в газе при высоком давлении (около $2 \cdot 10^6$ Па) температуру кратера удалось довести до $5900\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. до температуры поверхности Солнца. Столб газов или паров, через которые идет разряд, имеет еще более высокую температуру — до $6000\text{--}7000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поэтому в столбе дуги плавятся и обращаются в пар почти все известные вещества.

Для поддержания дугового разряда нужно небольшое напряжение, дуга горит при напряжении на ее электродах 40 В . Сила тока в дуге довольно значительна, а сопротивление невелико; следовательно, светящийся газовый столб хорошо проводит электрический ток. Ионизацию молекул газа в пространстве между электродами вызывают своими ударами электроны, испускаемые катодом дуги. Большое количество испускаемых электронов обеспечивается тем, что катод нагрет до очень высокой температуры. Когда для зажигания дуги вначале уголи приводят в соприкосновение, то в месте контакта, обладающем очень большим сопротивлением, выделяется огромное количество теплоты. Поэтому концы углей сильно разогреваются, и этого достаточно для того, чтобы при их раздвижении между ними вспыхнула дуга. В дальнейшем катод дуги поддерживается в накаливаемом состоянии самим током, проходящим через дугу.

1. Может ли расплавиться кусок олова в столбе дугового разряда? Ответ поясните.

Охлаждающие смеси

Возьмем в руки кусок сахара и коснемся им поверхности кипятка. Кипяток втянется в сахар и дойдет до наших пальцев. Однако мы не почувствуем ожога, как почувствовали бы, если бы вместо сахара был кусок ваты. Это наблюдение показывает, что растворение сахара сопровождается охлаждением раствора. Если бы мы хотели сохранить температуру раствора неизменной, то должны были бы подводить к раствору энергию. Отсюда следует, что при растворении сахара внутренняя энергия системы сахар-вода увеличивается.

То же самое происходит при растворении большинства других кристаллических веществ. Во всех подобных случаях внутренняя энергия раствора больше, чем внутренняя энергия взятых в отдельности кристалла и растворителя при той же температуре.

В примере с сахаром необходимое для его растворения количество теплоты отдает кипяток, охлаждение которого заметно даже по непосредственному ощущению.

Если растворение происходит в воде при комнатной температуре, то температура получившейся смеси в некоторых случаях может оказаться даже ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, хотя смесь и остается жидкой, поскольку температура застывания раствора может быть значительно ниже нуля. Этот эффект используют для получения сильно охлажденных смесей из снега и различных солей.

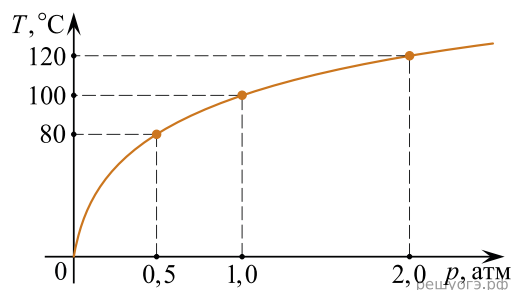
Снег, начиная таять при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, превращается в воду, в которой растворяется соль; несмотря на понижение температуры, сопровождающее растворение, получившаяся смесь не затвердевает. Снег, смешанный с этим раствором, продолжает таять, забирая энергию от раствора и, соответственно, охлаждая его. Процесс может продолжаться до тех пор, пока не будет достигнута температура замерзания полученного раствора. Смесь снега и поваренной соли в отношении $2 : 1$ позволяет, таким образом, получить охлаждение до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$; смесь снега с хлористым кальцием (CaCl_2) в отношении $7 : 10$ — до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Во что лучше поместить емкость с мороженым при его приготовлении для наилучшего охлаждения: в чистый лед или смесь льда и соли? Ответ поясните.

Гейзеры

Гейзеры располагаются вблизи действующих или недавно уснувших вулканов. Для извержения гейзеров необходима теплота, поступающая от вулканов.

Чтобы понять физику гейзеров, напомним, что температура кипения воды зависит от давления (см. рис.).



Зависимость температуры кипения воды от давления

Представим себе 20-метровую гейзерную трубку, наполненную горячей водой. По мере увеличения глубины температура воды растет. Одновременно возрастает и давление — оно складывается из атмосферного давления и давления столба воды в трубке. При этом везде по длине трубки температура воды оказывается несколько ниже температуры кипения, соответствующей давлению на той или иной глубине. Теперь предположим, что по одному из боковых протоков в трубку поступила порция пара. Пар вошел в трубку и поднял воду до некоторого нового уровня, а часть воды вылилась из трубки в бассейн. При этом температура поднятой воды может оказаться выше температуры кипения при новом давлении, и вода немедленно закипает.

При кипении образуется пар, который еще выше поднимается, заставляя ее выливаться в бассейн. Давление на нижние слои воды уменьшается, так что закипает вся оставшаяся в трубке вода. В этот момент образуется большое количество пара; расширяясь, он с огромной скоростью устремляется вверх, выбрасывая остатки воды из трубки — происходит извержение гейзера.

Но вот весь пар вышел, трубка постепенно вновь заполняется охладившейся водой. Время от времени внизу слышатся взрывы — это в трубку из боковых протоков попадают порции пара. Однако очередной выброс воды начнется только тогда, когда вода в трубке нагреется до температуры, близкой к температуре кипения.

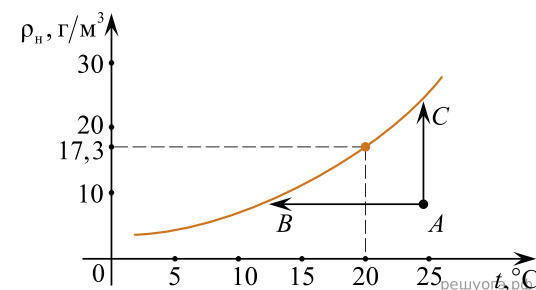
3. Закипит ли вода, находящаяся при температуре 90°C , если внешнее давление понижается от 10^5 Па до $5 \cdot 10^4$ Па? Ответ поясните.

Туман

При определенных условиях водяные пары, находящиеся в воздухе, частично конденсируются, в результате чего и возникают водяные капельки тумана. Капельки воды имеют диаметр от 0,5 до 100 мкм.

Возьмем сосуд, наполовину заполним водой и закроем крышкой. Наиболее быстрые молекулы воды, преодолев притяжение со стороны других молекул, выскакивают из воды и образуют пар над поверхностью воды. Этот процесс называется испарением воды. С другой стороны, молекулы водяного пара, сталкиваясь друг с другом и с другими молекулами воздуха, случайным образом могут оказаться у поверхности воды и перейти обратно в жидкость. Это конденсация пара. В конце концов, при данной температуре процессы испарения и конденсации взаимно компенсируются, то есть устанавливается состояние термодинамического равновесия. Водяной пар, находящийся в этом случае над поверхностью жидкости, называется насыщенным.

Если температуру повысить, то скорость испарения увеличивается, и равновесие устанавливается при большей плотности водяного пара. Таким образом, плотность насыщенного пара возрастает с увеличением температуры (см. рис.).



Для возникновения тумана необходимо, чтобы пар стал не просто насыщенным, а пересыщенным. Водяной пар становится насыщенным (и пересыщенным) при достаточном охлаждении (процесс AB) или в процессе дополнительного испарения воды (процесс AC). Соответственно выпадающий туман называют туманом охлаждения и туманом испарения.

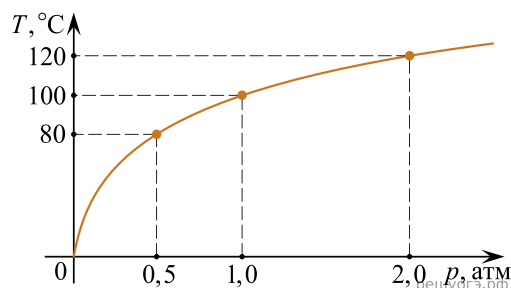
Второе условие, необходимое для образования тумана, — это наличие ядер (центров) конденсации. Роль ядер могут играть ионы, мельчайшие капельки воды, пылинки, частички сажи и другие мелкие загрязнения. Чем больше загрязненность воздуха, тем большей плотностью отличаются туманы.

4. Можно ли наблюдать туман, если известно, что температура и давление воздуха не изменились? Ответ поясните.

Гейзеры

Гейзеры располагаются вблизи действующих или недавно уснувших вулканов. Для извержения гейзеров необходима теплота, поступающая от вулканов.

Чтобы понять физику гейзеров, напомним, что температура кипения воды зависит от давления (см. рис.).



Зависимость температуры кипения воды от давления

Представим себе 20-метровую гейзерную трубку, наполненную горячей водой. По мере увеличения глубины температура воды растет. Одновременно возрастает и давление — оно складывается из атмосферного давления и давления столба воды в трубке. При этом везде по длине трубки температура воды оказывается несколько ниже температуры кипения, соответствующей давлению на той или иной глубине. Теперь предположим, что по одному из боковых протоков в трубку поступила порция пара. Пар вошел в трубку и поднял воду до некоторого нового уровня, а часть воды вылилась из трубки в бассейн. При этом температура поднятой воды может оказаться выше температуры кипения при новом давлении, и вода немедленно закипает.

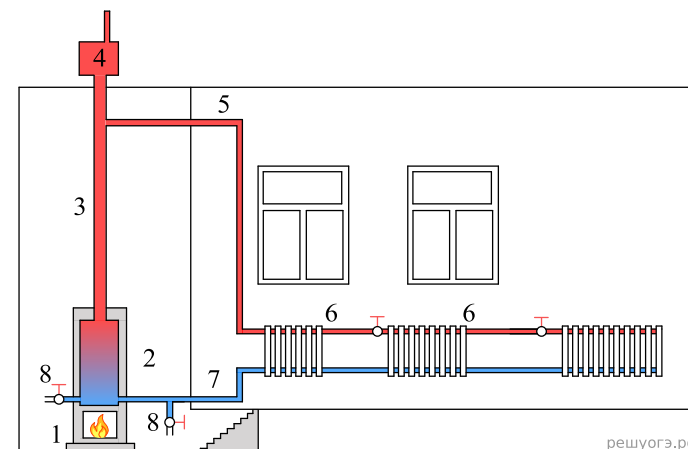
При кипении образуется пар, который еще выше поднимается, заставляя ее выливаться в бассейн. Давление на нижние слои воды уменьшается, так что закипает вся оставшаяся в трубке вода. В этот момент образуется большое количество пара; расширяясь, он с огромной скоростью устремляется вверх, выбрасывая остатки воды из трубки — происходит извержение гейзера.

Но вот весь пар вышел, трубка постепенно вновь заполняется охладившейся водой. Время от времени внизу слышатся взрывы — это в трубку из боковых протоков попадают порции пара. Однако очередной выброс воды начнется только тогда, когда вода в трубке нагреется до температуры, близкой к температуре кипения.

5. Можно ли воду, имеющую температуру 80 °C, заставить кипеть, не нагревая ее? Ответ поясните.

Водяное отопление

Необходимость в отоплении возникла в незапамятные времена, одновременно с тем, как люди научились строить для себя самые примитивные жилища. Первые жилища отапливались кострами, потом их сменили очаги, затем — печи. В ходе технического прогресса системы отопления постоянно совершенствовались и улучшались. Люди учились применять новые виды топлива, придумывали разные конструкции отопительных приборов, стремились уменьшить расход горючего и сделать работу отопительной системы автономной, не требующей постоянного контроля человека. В настоящее время наибольшее распространение получили системы водяного отопления, которое применяется для обогрева как многоквартирных домов в городах, так и небольших зданий в сельской местности. Принцип работы системы водяного отопления (см. рис.) удобно пояснить на примере отопительной системы небольшого жилого дома.



Источником теплоты для отопительной системы служит печь 1, в которой могут сгорать различные виды органического топлива — дрова, торф, каменный уголь, природный газ, нефтепродукты и пр. Печь нагревает воду в котле 2. При нагревании вода расширяется и ее плотность уменьшается, в результате чего она поднимается из котла вверх по вертикальному главному стояку 3. В верхней части главного стояка расположен имеющий выход в атмосферу расширительный бак 4, который необходим из-за того, что объем воды увеличивается при нагревании. От верхней части главного стояка отходит труба 5 («горячий трубопровод»), по которому вода подается к отопительным приборам — батареям 6, состоящим из нескольких секций каждая. После протекания через батареи остывшая вода по обратному трубопроводу 7 вновь попадает в котел, опять нагревается и снова поднимается по главному стояку. При наиболее простой однотрубной схеме все батареи соединяются друг с другом таким образом, что все секции оказываются параллельно подсоединенными к горячему и к обратному трубопроводу. Поскольку

вода при протекании через батареи постепенно остывает, для поддержания одинаковой температуры в разных помещениях в них делают батареи с разным числом секций (то есть с разной площадью поверхности). В тех комнатах, в которые вода поступает раньше и поэтому имеет более высокую температуру, количество секций в батареях делают меньше, и наоборот. Вода в такой отопительной системе циркулирует автоматически, до тех пор пока в печи горит топливо. Для того чтобы циркуляция была возможна, все горячие трубопроводы и обратные трубопроводы в системе делают либо вертикальными, либо с небольшим уклоном в нужную сторону — так, чтобы вода по ним шла от главного стояка обратно к котлу под действием силы тяжести («самотеком»). Скорость циркуляции воды и степень обогрева можно регулировать, уменьшая или увеличивая количество топлива, сгорающего в печи в единицу времени. Вода циркулирует в отопительных системах такого типа тем лучше, чем больше расстояние по высоте между котлом и горячим трубопроводом. Поэтому печь с котлом стараются располагать как можно ниже — обычно их ставят в подвале либо, при его отсутствии, опускают до уровня земли, а горячий трубопровод проводят по чердаку.

Для нормальной работы отопительной системы очень важно, чтобы внутри нее не было воздуха. Для выпуска воздушных пробок, которые могут возникать в трубах и в батареях, служат специальные воздухоотводчики, которые открываются при заполнении системы водой (на рисунке не показаны). Также на трубах в нижней части системы устанавливаются краны 8, при помощи которых из отопительной системы при необходимости сливается вода.

6. При модернизации системы водяного отопления печь, работающую на дровах, заменили на печь, работающую на природном газе. Удельная теплота сгорания дров 10^7 Дж/кг, природного газа — $3,2 \cdot 10^7$ Дж/кг. Как нужно изменить (увеличить или уменьшить) массу топлива, сжигаемого в печи в единицу времени, для того чтобы сохранить прежнюю скорость циркуляции воды в отопительной системе? Ответ поясните.

Фазовые переходы

Известно, что при изменении внешних условий — температуры или давления — вещество может изменять свое агрегатное состояние (переходить из газообразной формы в жидкую, из жидкой в твердую, либо из газообразной в твердую, и обратно). Однако, как показывает опыт, возможен и другой тип превращения вещества. Вещество при изменении внешних условий может изменять какие-либо свои свойства, оставаясь при этом в прежнем агрегатном состоянии. Такие изменения свойств вещества называют **фазовыми переходами**, и говорят, что вещество перешло из одной фазы в другую. Любое изменение агрегатного состояния, естественно, является фазовым переходом. Обратное утверждение неверно. Таким образом, фазовый переход — более широкое понятие, чем изменение агрегатного состояния.

Различают два основных типа фазовых переходов. Их так и называют — фазовый переход первого рода и фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачком изменяются плотность вещества и его внутренняя энергия (при этом другие характеристики также могут меняться). Последнее означает, что при фазовом переходе первого рода выделяется или поглощается теплота. Примерами фазового перехода первого рода как раз могут служить упомянутые выше изменения агрегатного состояния вещества. Например, при превращении воды в лед плотность вещества уменьшается (вещество расширяется) и выделяется теплота замерзания (равная по модулю теплоте плавления, поглощающейся при обратном фазовом переходе). При этом уменьшается удельная теплоемкость вещества.

При фазовом переходе второго рода плотность вещества и его внутренняя энергия остаются неизменными, поэтому такие переходы могут быть внешне незаметными. Зато скачкообразно изменяются удельная теплоемкость вещества, его коэффициент теплового расширения и некоторые другие характеристики. Примерами фазовых переходов второго рода могут служить переход металлов и сплавов из обычного состояния в сверхпроводящее, а также переход твердых веществ из аморфного состояния в стеклообразное.

Интересные примеры фазовых переходов первого рода наблюдаются у некоторых металлов. Например, если нагревать железо, то при достижении температуры $+917$ °C происходит перестройка его кристаллической решетки, в результате чего наблюдается увеличение плотности вещества и поглощается теплота фазового перехода. Этот фазовый переход обратим — при понижении температуры обратно до $+917$ °C плотность железа, наоборот, уменьшается, и происходит выделение теплоты фазового перехода.

Фазовые переходы могут быть и необратимыми. Ярким примером такого перехода может служить превращение так называемого «белого олова» в так называемое «серое олово». При комнатной температуре белое олово является пластичным металлом. При понижении температуры до примерно $+13$ °C оно начинает медленно переходить в другое фазовое состояние — серое олово — в котором олово существует в виде порошка. Фазовый переход происходит с очень малой скоростью (то есть после понижения температуры ниже точки фазового перехода олово все еще остается белым, но это состояние нестабильно). Однако фазовый переход резко ускоряется при понижении температуры

овом переходе происходит резкое уменьшение плотности (и увеличение объема), то оловянные предметы рассыпаются в порошок, причем попадание этого порошка на «не пораженные» предметы приводит к их быстрой порче (предметы как бы «заражаются»). Вернуть серое олово в исходное состояние возможно только путем его переплавки.

Описанное явление получило название «оловянная чума». Оно явилось основной причиной гибели экспедиции Р. Ф. Скотта к Южному полюсу в 1912 г. (экспедиция осталась без топлива — оно вытекло из баков, запаянных оловом, которое поразила «оловянная чума»). Также существует легенда, согласно которой одной из причин неудачи армии Наполеона в России явились сильные зимние морозы, которые превратили в порошок оловянные пуговицы на мундирах солдат. «Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок — в подвале, где они хранились, во время суровой зимы лопнули батареи отопления.

7. Один конец железной проволоки прикрепили к неподвижному штативу, а ко второму концу прикрепили груз и перекинули проволоку через неподвижный блок, в результате чего она оказалась натянутой горизонтально, получив возможность изменять свою длину. Через проволоку начали пропускать электрический ток, медленно нагревая ее до красного каления. При нагревании проволока светилась все ярче и, вследствие теплового расширения, медленно удлинялась. При температуре $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел фазовый переход. Укажите, что произошло с яркостью свечения проволоки в момент фазового перехода — она начала светиться более ярко или более тускло по сравнению с моментом, предшествующим фазовому переходу?

Ответ поясните.

8. Один конец железной проволоки прикрепили к неподвижному штативу, а ко второму концу прикрепили груз и перекинули проволоку через неподвижный блок, в результате чего она оказалась натянутой горизонтально, получив возможность изменять свою длину. Через проволоку пропустили электрический ток, нагрев ее до красного каления. Затем силу тока начали медленно уменьшать, постепенно понижая температуру проволоки. При остывании проволока светилась все менее ярко и, вследствие теплового сжатия, медленно укорачивалась. При температуре $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел фазовый переход. Укажите, что произошло с яркостью свечения проволоки в момент фазового перехода — она начала светиться более ярко или более тускло по сравнению с моментом, предшествующим фазовому переходу?

Ответ поясните.

Туман и роса

В воздухе всегда присутствуют водяные пары, концентрация которых может быть различной. Опыт показывает, что концентрация паров не может превышать некоторого максимально возможного значения n_{max} (для каждой температуры это значение свое). Пары с концентрацией, равной n_{max} , называются насыщенными. С ростом температуры максимально возможная концентрация водяных паров также растет. Отношение концентрации n

водяных паров при данной температуре к максимально возможной концентрации при той же температуре называется относительной влажностью, которая обозначается буквой f . Относительную влажность

принято измерять в процентах. Из сказанного следует, что $f = (n/n_{\text{max}}) \cdot 100\%$.

При этом относительная влажность не может превышать 100%.

Пусть при некоторой температуре t концентрация водяных паров в воздухе равна n , а относительная влажность меньше, чем 100%. Если температура будет понижаться, то вместе с ней будет уменьшаться и величина n_{max} , а значит, относительная влажность будет увеличиваться. При некоторой критической температуре относительная влажность достигнет значения 100% (в этот момент концентрация водяных паров станет максимально возможной при данной температуре). Поэтому дальнейшее понижение температуры приведет к переходу водяных паров в жидкое состояние — в воздухе образуются капли тумана, а на предметах выпадут капли росы. Поэтому упомянутая выше критическая температура называется точкой росы (обозначается t_p).

На измерении точки росы основано действие прибора для определения относительной влажности воздуха — конденсационного гигрометра. Он состоит из зеркала, которое может охлаждаться при помощи какого-либо устройства, и точного термометра для измерения температуры зеркала. При понижении температуры зеркала до точки росы на нем выпадают капли жидкости. Величину относительной влажности воздуха определяют по измеренному значению точки росы при помощи специальных таблиц.

Существует еще одна разновидность тумана — ледяной туман. Он наблюдается при температурах ниже $-(10 \div 15)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и состоит из мелких кристалликов льда, которые сверкают либо в лучах солнца, либо в свете луны или фонарей. Особенностью ледяного тумана является то, что он может наблюдаться и при относительной влажности, меньшей 100% (даже менее 50%). Условием возникновения ледяного тумана при низкой относительной влажности является очень низкая температура (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) и наличие обильных источников водяного пара (например, труб и сточных водоемов промышленных предприятий, печных труб жилых помещений, выхлопных труб мощных двигателей внутреннего сгорания и т. п.). Поэтому ледяной туман при низкой влажности наблюдается в населенных пунктах, на крупных железнодорожных станциях, на активно действующих аэродромах и т. п.

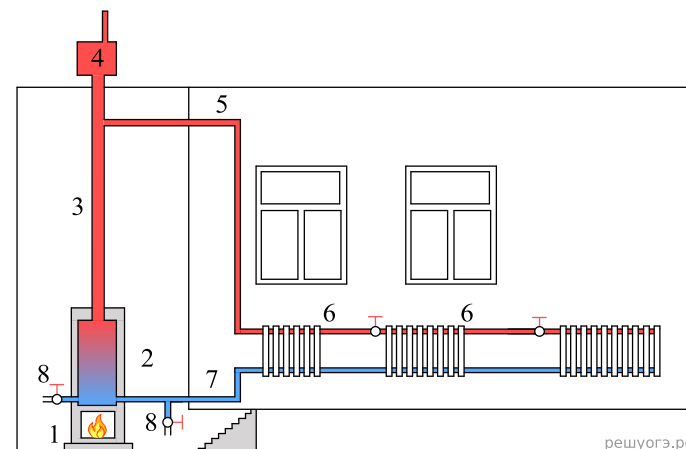
9. Одним из возможных способов охлаждения зеркала конденсационного гигрометра является испарение на обратной стороне зеркала жидкости, в результате чего от зеркала отним

ается теплота испарения. Какую жидкость лучше для этого использовать — эфир или воду? Давления насыщенных паров эфира и воды при комнатной температуре равны 60 кПа и 2,3 кПа, соответственно. Ответ поясните.

10. Одним из возможных способов охлаждения зеркальца конденсационного гигрометра является испарение на обратной стороне зеркальца жидкости, в результате чего от зеркальца отнимается теплота испарения. Какую жидкость лучше для этого использовать — эфир или спирт? Давления насыщенных паров эфира и спирта при комнатной температуре равны 60 кПа и 5,9 кПа, соответственно. Ответ поясните.

Водяное отопление

Необходимость в отоплении возникла в незапамятные времена, одновременно с тем, как люди научились строить для себя самые примитивные жилища. Первые жилища отапливались кострами, потом их сменили очаги, затем — печи. В ходе технического прогресса системы отопления постоянно совершенствовались и улучшались. Люди учились применять новые виды топлива, придумывали разные конструкции отопительных приборов, стремились уменьшить расход горючего и сделать работу отопительной системы автономной, не требующей постоянного контроля человека. В настоящее время наибольшее распространение получили системы водяного отопления, которое применяется для обогрева как многоквартирных домов в городах, так и небольших зданий в сельской местности. Принцип работы системы водяного отопления (см. рис.) удобно пояснить на примере отопительной системы небольшого жилого дома.



Источником теплоты для отопительной системы служит печь 1, в которой могут сгорать различные виды органического топлива — дрова, торф, каменный уголь, природный газ, нефтепродукты и пр. Печь нагревает воду в котле 2. При нагревании вода расширяется и ее плотность уменьшается, в результате чего она поднимается из котла вверх по вертикальному главному стояку 3. В верхней части главного стояка расположен имеющий выход в атмосферу расширительный бак 4, который необходим из-за того, что объем воды увеличивается при нагревании. От верхней части главного стояка отходит труба 5 («горячий трубопровод»), по которому вода подается к отопительным приборам — батареям 6, состоящим из нескольких секций каждая. После протекания через батареи остывшая вода по обратному трубопроводу 7 вновь попадает в котел, опять нагревается и снова поднимается по главному стояку. При наиболее простой однотрубной схеме все батареи соединяются друг с другом таким образом, что все секции оказываются параллельно подсоединенными к горячему и к обратному трубопроводу. Поскольку

вода при протекании через батареи постепенно остывает, для поддержания одинаковой температуры в разных помещениях в них делают батареи с разным числом секций (то есть с разной площадью поверхности). В тех комнатах, в которые вода поступает раньше и поэтому имеет более высокую температуру, количество секций в батареях делают меньше, и наоборот. Вода в такой отопительной системе циркулирует автоматически, до тех пор пока в печи горит топливо. Для того чтобы циркуляция была возможна, все горячие трубопроводы и обратные трубопроводы в системе делают либо вертикальными, либо с небольшим уклоном в нужную сторону — так, чтобы вода по ним шла от главного стояка обратно к котлу под действием силы тяжести («самотеком»). Скорость циркуляции воды и степень обогрева можно регулировать, уменьшая или увеличивая количество топлива, сгорающего в печи в единицу времени. Вода циркулирует в отопительных системах такого типа тем лучше, чем больше расстояние по высоте между котлом и горячим трубопроводом. Поэтому печь с котлом стараются располагать как можно ниже — обычно их ставят в подвале либо, при его отсутствии, опускают до уровня земли, а горячий трубопровод проводят по чердаку.

Для нормальной работы отопительной системы очень важно, чтобы внутри нее не было воздуха. Для выпуска воздушных пробок, которые могут возникать в трубах и в батареях, служат специальные воздухоотводчики, которые открываются при заполнении системы водой (на рисунке не показаны). Также на трубах в нижней части системы устанавливаются краны 8, при помощи которых из отопительной системы при необходимости сливается вода.

11. При модернизации системы водяного отопления печь, работающую на дровах, заменили на печь, работающую на природном газе. Удельная теплота сгорания дров 10^7 Дж/кг, природного газа — $3,2 \cdot 10^7$ Дж/кг. Как нужно изменить (увеличить или уменьшить) массу топлива, сжигаемого в печи в единицу времени, для того чтобы сохранить прежнюю скорость циркуляции воды в отопительной системе? Ответ поясните.

Фазовые переходы

Известно, что при изменении внешних условий — температуры или давления — вещество может изменять свое агрегатное состояние (переходить из газообразной формы в жидкую, из жидкой в твердую, либо из газообразной в твердую, и обратно). Однако, как показывает опыт, возможен и другой тип превращения вещества. Вещество при изменении внешних условий может изменять какие-либо свои свойства, оставаясь при этом в прежнем агрегатном состоянии. Такие изменения свойств вещества называют **фазовыми переходами**, и говорят, что вещество перешло из одной фазы в другую. Любое изменение агрегатного состояния, естественно, является фазовым переходом. Обратное утверждение неверно. Таким образом, фазовый переход — более широкое понятие, чем изменение агрегатного состояния.

Различают два основных типа фазовых переходов. Их так и называют — фазовый переход первого рода и фазовый переход второго рода. При фазовом переходе первого рода скачком изменяются плотность вещества и его внутренняя энергия (при этом другие характеристики также могут меняться). Последнее означает, что при фазовом переходе первого рода выделяется или поглощается теплота. Примерами фазового перехода первого рода как раз могут служить упомянутые выше изменения агрегатного состояния вещества. Например, при превращении воды в лед плотность вещества уменьшается (вещество расширяется) и выделяется теплота замерзания (равная по модулю теплоте плавления, поглощающейся при обратном фазовом переходе). При этом уменьшается удельная теплоемкость вещества.

При фазовом переходе второго рода плотность вещества и его внутренняя энергия остаются неизменными, поэтому такие переходы могут быть внешне незаметными. Зато скачкообразно изменяются удельная теплоемкость вещества, его коэффициент теплового расширения и некоторые другие характеристики. Примерами фазовых переходов второго рода могут служить переход металлов и сплавов из обычного состояния в сверхпроводящее, а также переход твердых веществ из аморфного состояния в стеклообразное.

Интересные примеры фазовых переходов первого рода наблюдаются у некоторых металлов. Например, если нагревать железо, то при достижении температуры $+917$ °C происходит перестройка его кристаллической решетки, в результате чего наблюдается увеличение плотности вещества и поглощается теплота фазового перехода. Этот фазовый переход обратим — при понижении температуры обратно до $+917$ °C плотность железа, наоборот, уменьшается, и происходит выделение теплоты фазового перехода.

Фазовые переходы могут быть и необратимыми. Ярким примером такого перехода может служить превращение так называемого «белого олова» в так называемое «серое олово». При комнатной температуре белое олово является пластичным металлом. При понижении температуры до примерно $+13$ °C оно начинает медленно переходить в другое фазовое состояние — серое олово — в котором олово существует в виде порошка. Фазовый переход происходит с очень малой скоростью (то есть после понижения температуры ниже точки фазового перехода олово все еще остается белым, но это состояние нестабильно). Однако фазовый переход резко ускоряется при понижении температуры

овом переходе происходит резкое уменьшение плотности (и увеличение объема), то оловянные предметы рассыпаются в порошок, причем попадание этого порошка на «не пораженные» предметы приводит к их быстрой порче (предметы как бы «заражаются»). Вернуть серое олово в исходное состояние возможно только путем его переплавки.

Описанное явление получило название «оловянная чума». Оно явилось основной причиной гибели экспедиции Р. Ф. Скотта к Южному полюсу в 1912 г. (экспедиция осталась без топлива — оно вытекло из баков, запаянных оловом, которое поразила «оловянная чума»). Также существует легенда, согласно которой одной из причин неудачи армии Наполеона в России явились сильные зимние морозы, которые превратили в порошок оловянные пуговицы на мундирах солдат. «Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок — в подвале, где они хранились, во время суровой зимы лопнули батареи отопления.

12. Один конец железной проволоки прикрепили к неподвижному штативу, а ко второму концу прикрепили груз и перекинули проволоку через неподвижный блок, в результате чего она оказалась натянутой горизонтально, получив возможность изменять свою длину. Через проволоку начали пропускать электрический ток, медленно нагревая ее до красного каления. При нагревании проволока светилась все ярче и, вследствие теплового расширения, медленно удлинялась. При температуре $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел фазовый переход. Укажите, что произошло с яркостью свечения проволоки в момент фазового перехода — она начала светиться более ярко или более тускло по сравнению с моментом, предшествующим фазовому переходу?

Ответ поясните.

13. Один конец железной проволоки прикрепили к неподвижному штативу, а ко второму концу прикрепили груз и перекинули проволоку через неподвижный блок, в результате чего она оказалась натянутой горизонтально, получив возможность изменять свою длину. Через проволоку пропустили электрический ток, нагрев ее до красного каления. Затем силу тока начали медленно уменьшать, постепенно понижая температуру проволоки. При остывании проволока светилась все менее ярко и, вследствие теплового сжатия, медленно укорачивалась. При температуре $+917\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел фазовый переход. Укажите, что произошло с яркостью свечения проволоки в момент фазового перехода — она начала светиться более ярко или более тускло по сравнению с моментом, предшествующим фазовому переходу?

Ответ поясните.

Туман и роса

В воздухе всегда присутствуют водяные пары, концентрация которых может быть различной. Опыт показывает, что концентрация паров не может превышать некоторого максимально возможного значения n_{max} (для каждой температуры это значение свое). Пары с концентрацией, равной n_{max} , называются насыщенными. С ростом температуры максимально возможная концентрация водяных паров также растет. Отношение концентрации n водяных паров при данной температуре к максимально возможной концентрации при той же температуре называется относительной влажностью, которая обозначается буквой f . Относительную влажность принято измерять в процентах. Из сказанного следует, что $f = (n/n_{\text{max}}) \cdot 100\%$.

При этом относительная влажность не может превышать 100%.

Пусть при некоторой температуре t концентрация водяных паров в воздухе равна n , а относительная влажность меньше, чем 100%. Если температура будет понижаться, то вместе с ней будет уменьшаться и величина n_{max} , а значит, относительная влажность будет увеличиваться. При некоторой критической температуре относительная влажность достигнет значения 100% (в этот момент концентрация водяных паров станет максимально возможной при данной температуре). Поэтому дальнейшее понижение температуры приведет к переходу водяных паров в жидкое состояние — в воздухе образуются капли тумана, а на предметах выпадут капли росы. Поэтому упомянутая выше критическая температура называется точкой росы (обозначается t_p).

На измерении точки росы основано действие прибора для определения относительной влажности воздуха — конденсационного гигрометра. Он состоит из зеркала, которое может охлаждаться при помощи какого-либо устройства, и точного термометра для измерения температуры зеркала. При понижении температуры зеркала до точки росы на нем выпадают капли жидкости. Величину относительной влажности воздуха определяют по измеренному значению точки росы при помощи специальных таблиц.

Существует еще одна разновидность тумана — ледяной туман. Он наблюдается при температурах ниже $-(10 \div 15)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и состоит из мелких кристалликов льда, которые сверкают либо в лучах солнца, либо в свете луны или фонарей. Особенностью ледяного тумана является то, что он может наблюдаться и при относительной влажности, меньшей 100% (даже менее 50%). Условием возникновения ледяного тумана при низкой относительной влажности является очень низкая температура (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) и наличие обильных источников водяного пара (например, труб и сточных водоемов промышленных предприятий, печных труб жилых помещений, выхлопных труб мощных двигателей внутреннего сгорания и т. п.). Поэтому ледяной туман при низкой влажности наблюдается в населенных пунктах, на крупных железнодорожных станциях, на активно действующих аэродромах и т. п.

14. Одним из возможных способов охлаждения зеркала конденсационного гигрометра является испарение на обратной стороне зеркала жидкости, в результате чего от зеркала отним

ается теплота испарения. Какую жидкость лучше для этого использовать — эфир или воду? Давления насыщенных паров эфира и воды при комнатной температуре равны 60 кПа и 2,3 кПа, соответственно. Ответ поясните.

Электрическая дуга

Электрическая дуга — это один из видов газового разряда. Получить ее можно следующим образом. В штативе закрепляют два угольных стержня заостренными концами друг к другу и присоединяют к источнику тока. Когда уголи приводят в соприкосновение, а затем слегка раздвигают, между концами уголей образуется яркое пламя, а сами уголи раскаляются добела. Дуга горит устойчиво, если через нее проходит постоянный электрический ток. В этом случае один электрод является все время положительным (анод), а другой — отрицательным (катод). Между электродами находится столб раскаленного газа, хорошо проводящего электричество. Положительный уголь, имея более высокую температуру, сгорает быстрее, и в нем образуется углубление — положительный кратер. Температура кратера в воздухе при атмосферном давлении доходит до 4000 °С.

Дуга может гореть и между металлическими электродами. При этом электроды плавятся и быстро испаряются, на что расходуется большая энергия. Поэтому температура кратера металлического электрода обычно ниже, чем угольного (2000–2500 °С). При горении дуги в газе при высоком давлении (около $2 \cdot 10^6$ Па) температуру кратера удалось довести до 5900 °С, т. е. до температуры поверхности Солнца. Столб газов или паров, через которые идет разряд, имеет еще более высокую температуру — до 6000–7000 °С. Поэтому в столбе дуги плавятся и обращаются в пар почти все известные вещества.

Для поддержания дугового разряда нужно небольшое напряжение, дуга горит при напряжении на ее электродах 40 В. Сила тока в дуге довольно значительна, а сопротивление невелико; следовательно, светящийся газовый столб хорошо проводит электрический ток. Ионизацию молекул газа в пространстве между электродами вызывают своими ударами электроны, испускаемые катодом дуги. Большое количество испускаемых электронов обеспечивается тем, что катод нагрет до очень высокой температуры. Когда для зажигания дуги вначале уголи приводят в соприкосновение, то в месте контакта, обладающем очень большим сопротивлением, выделяется огромное количество теплоты. Поэтому концы уголей сильно разогреваются, и этого достаточно для того, чтобы при их раздвижении между ними вспыхнула дуга. В дальнейшем катод дуги поддерживается в накаливаемом состоянии самим током, проходящим через дугу.

15. Может ли расплавиться кусок олова в столбе дугового разряда? Ответ поясните.

Охлаждающие смеси

Возьмем в руки кусок сахара и коснемся им поверхности кипятка. Кипяток втянется в сахар и дойдет до наших пальцев. Однако мы не почувствуем ожога, как почувствовали бы, если бы вместо сахара был кусок ваты. Это наблюдение показывает, что растворение сахара сопровождается охлаждением раствора. Если бы мы хотели сохранить температуру раствора неизменной, то должны были бы подводить к раствору энергию. Отсюда следует, что при растворении сахара внутренняя энергия системы сахар-вода увеличивается.

То же самое происходит при растворении большинства других кристаллических веществ. Во всех подобных случаях внутренняя энергия раствора больше, чем внутренняя энергия взятых в отдельности кристалла и растворителя при той же температуре.

В примере с сахаром необходимое для его растворения количество теплоты отдает кипяток, охлаждение которого заметно даже по непосредственному ощущению.

Если растворение происходит в воде при комнатной температуре, то температура получившейся смеси в некоторых случаях может оказаться даже ниже 0 °С, хотя смесь и остается жидкой, поскольку температура застывания раствора может быть значительно ниже нуля. Этот эффект используют для получения сильно охлажденных смесей из снега и различных солей.

Снег, начиная таять при 0 °С, превращается в воду, в которой растворяется соль; несмотря на понижение температуры, сопровождающее растворение, получившаяся смесь не затвердевает. Снег, смешанный с этим раствором, продолжает таять, забирая энергию от раствора и, соответственно, охлаждая его. Процесс может продолжаться до тех пор, пока не будет достигнута температура замерзания полученного раствора. Смесь снега и поваренной соли в отношении 2 : 1 позволяет, таким образом, получить охлаждение до –21 °С; смесь снега с хлористым кальцием (CaCl₂) в отношении 7 : 10 — до –50 °С.

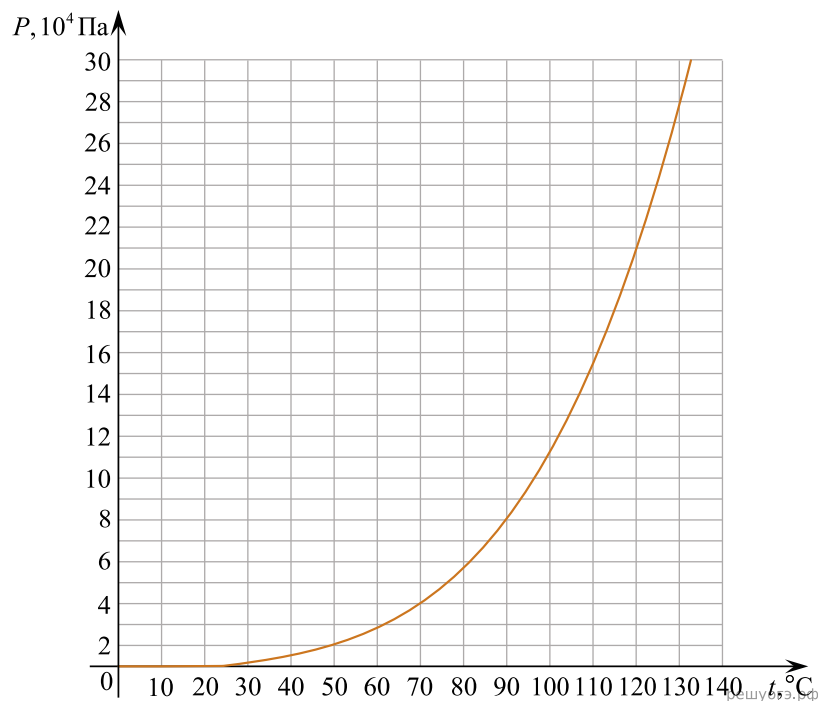
16. Во что лучше поместить емкость с мороженым при его приготовлении для наилучшего охлаждения: в чистый лед или смесь льда и соли? Ответ поясните.

Кипение

Ежедневно мы наблюдаем, как вода и ее пар переходят друг в друга. Лужи на асфальте после дождя высыхают, а водяной пар в воздухе по утрам часто превращается в мельчайшие капельки тумана.

Что произойдет, если сосуд с некоторым объемом жидкости закрыть крышкой? Каждую секунду поверхность жидкости по-прежнему будут покидать самые быстрые молекулы, ее масса будет уменьшаться, а концентрация молекул пара – увеличиваться. Одновременно с этим в жидкость из пара будет возвращаться часть его молекул, и чем больше будет концентрация пара, тем интенсивней будет процесс конденсации. Наконец наступит такое состояние, когда число молекул, возвращающихся в жидкость в единицу времени, в среднем станет равным числу молекул, покидающих ее за это время. Такое состояние называют динамическим равновесием, а соответствующий пар — *насыщенным паром*.

Давление насыщенного пара зависит от вида жидкости и температуры. Чем тяжелее оторвать молекулы жидкости друг от друга, тем меньше будет давление ее насыщенного пара. Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры представлена на рисунке.



Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры

Кипением называется процесс образования большого числа пузырьков пара, происходящий по всему объему жидкости и на ее поверхности при нагревании. На самом деле эти пузырьки присутствуют в жидкости всегда, но их размеры растут и они становятся заметны только при кипении. Пузырьки расширяются и под действием выталкивающей силы Архимеда отрываются от дна, всплывают и лопаются на поверхности.

Кипение начинается при той температуре, когда пузырьки газа имеют возможность расширяться, а это происходит, если давление насыщенного пара вырастет до атмосферного давления. Таким образом, температура кипения — это температура, при которой давление насыщенного пара данной жидкости равно атмосферному давлению (давлению над поверхностью жидкости).

17. Можно ли наблюдать процесс пузырькового кипения воды на космической станции в условиях невесомости? Ответ поясните.

Свойства льда

Между давлением и точкой замерзания (плавления) воды наблюдается интересная зависимость (см. таблицу).

Давление, атм	Температура плавления льда, °С	Изменение объема при кристаллизации, см ³ /моль
1	0,0	-1,62
610	-5,0	-1,83
1970	-20,0	-2,37
2115	-22,0	0,84
5280	-10,0	1,73
5810	-5,0	1,69
7640	10,0	1,52
20000	73,8	0,68

С повышением давления до 2200 атмосфер температура плавления падает: с увеличением давления на каждую атмосферу она понижается примерно на 0,0075 °С. При дальнейшем увеличении давления точка замерзания воды начинает расти: при давлении 20 670 атмосфер вода замерзает при 76 °С. В этом случае будет наблюдаться горячий лед.

При нормальном атмосферном давлении объем воды при замерзании внезапно возрастает примерно на 11%. В замкнутом пространстве такой процесс приводит к возникновению избыточного давления до 2500 атм. Вода, замерзая, разрывает горные породы, дробит многотонные глыбы.

В 1850 г английский физик М. Фарадей обнаружил, что два влажных куска льда при 0 °С, будучи прижаты друг к другу, прочно соединяются или смерзаются. Однако, по Фарадею, этот эффект не наблюдался с сухими кусками льда при температуре ниже 0 °С. Позже он назвал это явление режеляцией.

В 1871 г англичанин Дж.-Т. Боттомли продемонстрировал подобное явление на другом опыте. Поставив на два столбика ледяной брусок и перекинув через него тонкую стальную проволоку (диаметром 0,2 мм), к которой был подвешен груз массой около 1 кг (рис. а), Боттомли наблюдал при температуре чуть выше нуля, как в течение нескольких часов проволока прорезала лед и груз упал. При этом ледяной брусок остался целым и невредимым, и лишь там, где проходила проволока, образовался тонкий слой непрозрачного льда. Если бы мы в течение этих часов непрерывно наблюдали за проволокой, то увидели бы, как постепенно она опускается, как бы разрезая лед (рис. б, в, г), при этом выше проволоки никакого разреза не остается — брусок оказывается монолитным.

Долгое время думали, что лед под лезвиями коньков тает потому, что испытывает сильное давление, температура плавления льда понижается, и лед плавится. Однако расчеты показывают, что человек массой 60 кг, стоя на коньках, оказывает на лед давление, при котором температура плавления льда под коньками уменьшается примерно на 0,1 °С, что явно недостаточно для катания, например, при -10 °С.

18. Выберите верное утверждение, соответствующее содержанию текста.

1. Под режеляцией льда понимают процесс таяния льда под давлением и восстановление льда после снятия давления.
2. Катание на коньках возможно за счет изменения температуры плавления льда под действием внешнего давления.
3. При давлении 7640 атмосфер объем льда при замерзании увеличивается в 1,5 раза.
4. Чем выше внешнее давление, тем ниже температура таяния льда.

Меркурий

Изучение планет Солнечной системы меняло взгляд человека на мир вокруг него и понимание места Земли во Вселенной.

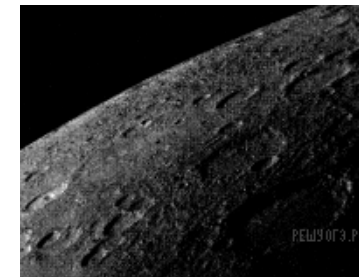
История наших знаний о Меркурии уходит корнями в глубокую древность, по сути это одна из первых планет, известных человечеству. Меркурий наблюдали еще в древнем Шумере, одной из первых развитых цивилизаций на Земле. Происхождение названия планеты идет от римлян, которые назвали планету в честь античного бога Меркурия (в греческом варианте Гермеса), покровителя торговли, ремесел, а также посланца других олимпийских богов. С чем связана такая ассоциация? Год на планете длится всего 88 дней, Меркурий — самая быстрая планета.

Меркурий — это ближайшая к Солнцу и самая маленькая планета Солнечной системы. Некоторые характеристики планеты представлены в таблице.

Характеристики Меркурия

Характеристика	Значение
Температура на поверхности	От -190°C до $+430^{\circ}\text{C}$
Ускорение свободного падения	$3,7 \text{ м/с}^2$
Масса	Около 5,5% от массы Земли
Естественные спутники	Нет
Размер железного ядра (источник магнитного поля)	83% объема и 60% массы планеты
Магнитное поле	Примерно в 100 раз меньше земного
Среднее расстояние от Солнца	Чуть меньше 58 млн км
Перигелий (расстояние от ближайшей к Солнцу точки орбиты до Солнца)	46 млн км
Афелий (расстояние от самой удаленной от Солнца точки орбиты до Солнца)	69,8 млн км
Средняя скорость движения по орбите	48 км/с
Время совершения одного оборота вокруг Солнца	88 земных суток
Продолжительность суток	58,65 земных

При пролете мимо Меркурия космического аппарата «Маринер-10», запущенного в 1973 году, было установлено наличие у планеты предельно разреженной атмосферы, давление которой в $5 \cdot 10^{11}$ раз меньше давления земной атмосферы. В таких условиях атомы чаще сталкиваются с поверхностью планеты, чем друг с другом. Атмосферу составляют атомы, захваченные из солнечного ветра или выбитые солнечным ветром с поверхности, — гелий, натрий, кислород, калий, аргон, водород. Снимок поверхности Меркурия, сделанный с Именнейшей у Меркурия гравитации недостаточности исследователя зонда «Мессенджер» точно для поддержания плотной атмосферы.



Поверхность Меркурия испещрена ударными кратерами от воздействия метеоритов и комет и напоминает поверхность Луны (см. фото).

19. В таблице ниже приведены сравнительные физические характеристики для двух планет Солнечной системы – для Меркурия и Марса.

Планета	Среднее расстояние от Солнца, млн км	Масса, % от массы Земли	Ускорение свободного падения, м/с^2	Температура у поверхности, $^{\circ}\text{C}$	Атмосфера
Меркурий	58	5,5	3,77	от -190 до $+430$	Практически отсутствует
Марс	228	10,7	3,71	от -153 до $+35$	Среднее атмосферное давление составляет $0,4 - 0,87 \text{ кПа}$

Марс, расположенный в 4–5 раз дальше от Солнца, обладает почти равной с Меркурием гравитацией, но при этом не растерял полностью свою атмосферу в космос. Чем объясняется это различие? Ответ поясните.

Венера

Вторая по удаленности от Солнца планета в Солнечной системе, Венера — самая яркая из планет, наблюдаемых с Земли. По этой причине ее изучали с незапамятных времен: первые записи о ней появились еще у вавилонян. Римляне видели в Венере богиню красоты, а майя считали, что планета является братом Солнца. В 1610 году Галилео Галилей наблюдал фазы Венеры, подтвердив, что планета действительно вращается вокруг Солнца. Из-за плотной атмосферы планеты наблюдения ее поверхности долгое время были невозможны.

С 1960-х гг. начались исследования планеты с помощью космических зондов. Первая попытка, советский зонд «Венера-1», была предпринята в 1961 году и не увенчалась успехом. Новый зонд «Венера-4» успешно достиг Венеры и отправил обратно информацию об атмосфере планеты, прежде чем сгореть дотла во время входа в атмосферу. Первым космическим аппаратом, совершившим успешную посадку на поверхность Венеры, стала советская автоматическая межпланетная станция «Венера-7». Оказалось, что под плотной атмосферой планеты скрывается настоящий ад: средняя температура на поверхности этого небесного тела составляет примерно 460 °С, что делает планету самым горячим объектом Солнечной системы. Атмосфера Венеры состоит главным образом из углекислого газа и азота. Поверхность планеты плотно скрывают облака серной кислоты. Скорость вращения атмосферы Венеры в более чем 60 раз быстрее скорости вращения планеты. Скорость ветра на Венере достигает 360 км/ч. Направление вращения Венеры вокруг своей оси противоположно направлению вращения всех (кроме Урана) планет Солнечной системы.

Некоторые характеристики планеты представлены в таблице.

Характеристики Венеры

Характеристика	Значение
Расположение по порядку от Солнца	Вторая
Среднее расстояние до Солнца	Примерно 107,5 млн км
Перигелий (расстояние от ближайшей к Солнцу точки орбиты до Солнца)	107,5 млн км
Афелий (расстояние от самой далекой от Солнца точки орбиты до Солнца)	108,9 млн км
Период обращения вокруг Солнца	224,7 земных суток
Продолжительность суток	243 земных
Температура на поверхности	438-482°С
Радиус	6052 км (95% радиуса Земли)

Масса	81,5% массы Земли
Магнитное поле	Отсутствует

Несмотря на относительную близость планеты, мы знаем сегодня о Венере меньше, чем о других планетах земной группы. Отчасти это происходит потому, что для исследования атмосферы и поверхности планеты исследователи нуждаются в высокопрочном оборудовании и первоклассной технике, способной выдержать не только высокую температуру на планете, но и колоссальное атмосферное давление, которое у поверхности примерно в 90 раз больше земного.

Существует гипотеза, что в какой-то момент в прошлом на Венере было гораздо больше воды, чем предполагает сегодня ее сухая атмосфера — возможно, там были даже океаны. Но по мере того, как Солнце становилось все горячее и ярче, температура поверхности Венеры повышалась, испаряя все океаны и моря и повышая парниковый эффект.

20. Венера находится почти в два раза дальше от Солнца, чем Меркурий, и получает в 4 раза меньше солнечного излучения в расчете на единицу площади. При этом температура на Меркурии ниже (температура на поверхности Меркурия колеблется от -190 °С до $+430$ °С) и сильно зависит от того, какой стороной планета обращена к Солнцу. Температура на поверхности Венеры изменяется в пределах $438-482$ °С.

Какие два фактора определяют постоянство температуры на поверхности Венеры?

Брайникл

В 2011 году во время съемок компанией Би-би-си цикла передач «Замерзшая планета» операторам впервые удалось задокументировать очень интересный процесс: в толще океанических вод Антарктики под ледяным покровом начинает формироваться и расти вниз ко дну морская сосулька (брайникл).

В том случае, если брайниклу удастся достичь дна, он продолжает разрастаться в сторону понижения уровня поверхности дна (рис. 1). При этом он способен убить все живое на своем пути (морских звезд и ежей, рыб, водоросли). Именно по этой причине его еще называют «ледяным пальцем смерти».



Рис. 1. Замершие морские звезды и ежи, оказавшиеся на пути движения брайникла по дну

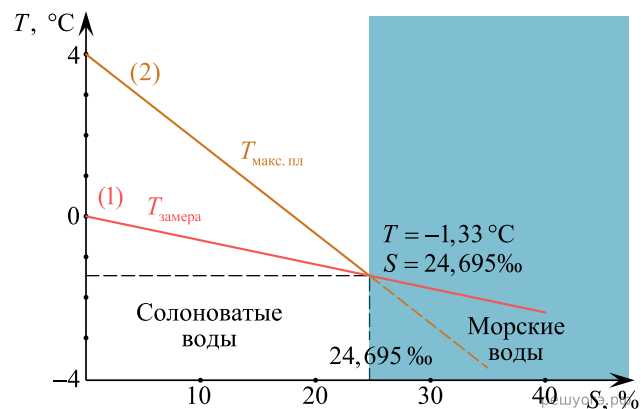


Рис. 2. Зависимость температуры заморзания (1) и температуры наибольшей плотности (2) от солёности воды (S)

Возникновение этого природного феномена возможно только в ледяных водах у полюсов. Когда поверхность соленой воды замораживает, меняется состав и концентрация соли

в воде под ледяной коркой. При образовании льда из него вытесняется практически вся соль. Таким образом, вода подо льдом становится более соленой и плотной. Повышенная концентрация соли понижает температуру заморзания воды (рис. 2) и увеличивает ее плотность. В результате тяжелый солевой раствор начинает опускаться вниз (тонуть). Нисходящий поток солевого раствора, имеющий экстремально холодную температуру, приводит к заморзанию менее соленой окружающей воды и образованию ледяного канала в виде трубки.

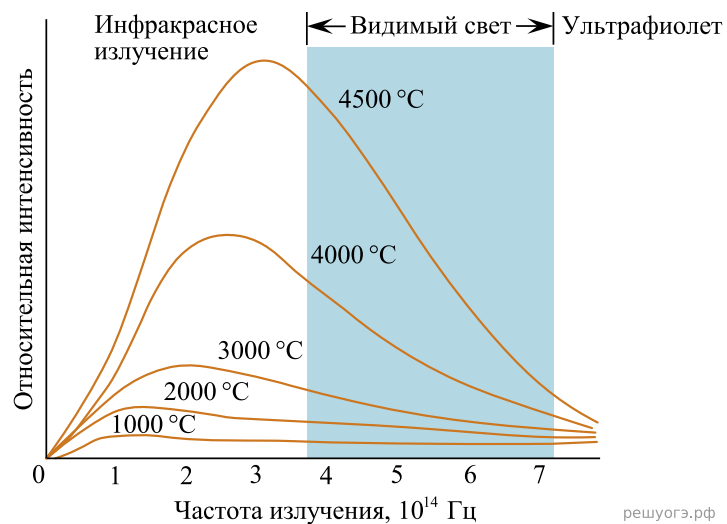
Пористый лед брайникла имеет трубчатую структуру. Поэтому его нельзя сравнить с более плотным льдом, образовавшимся из пресной воды.

21. В морозную погоду озеро с пресной водой покрылось толстой коркой льда. Какую максимальную температуру могут иметь при этом придонные слои воды в озере? Ответ поясните.

Инфракрасный термометр

В нагретых телах часть внутренней энергии вещества может превращаться в энергию излучения. Поэтому нагретые тела являются источниками электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. Это излучение называют тепловым излучением.

Эксперименты показывают, что тепловое излучение имеет непрерывный спектр. Разделение энергии излучения тела по спектру зависит от температуры тела. При этом для всех тел с увеличением температуры максимум энергии излучения смещается в коротковолновый участок спектра, а общая энергия излучения возрастает. На рисунке представлен график интенсивности излучения некоторого тела по мере его нагревания.



Принцип работы инфракрасного термометра (пирометра) заключается в измерении интенсивности теплового излучения тела в зависимости от его температуры.

Инфракрасный термометр позволяет измерять температуру быстро, без непосредственного контакта с телом. Но при измерении температуры важно учитывать коэффициент излучения тела. Разные материалы в зависимости от цвета, матовой или зеркальной поверхности по-разному излучают тепло. Коэффициент излучения материала — это соотношение энергии, излучаемой поверхностью материала к энергии излучения абсолютно черного объекта при равной температуре. Для абсолютно черных тел этот коэффициент равен 1. Для остальных же материалов этот коэффициент меньше. В пирометрах обычно стоит фиксированный коэффициент излучения, равный 0,95. Для большинства измеряемых материалов он подойдет, но



при существенно меньших коэффициентах излучения тел измерения температуры окажутся неточными.

22. У Максима есть пирометр (бесконтактный инфракрасный термометр), технические характеристики которого представлены в таблице. Целесообразно ли использовать этот термометр для измерения и отслеживания температуры тела человека в период заболевания? Ответ поясните.

Технические характеристики

Диапазон температур	$-50 \dots 350^\circ\text{C}$ ($-58,662^\circ\text{F}$)
Точность	$\pm 1,5^\circ\text{C}$ в диапазоне $0 \dots 350^\circ\text{C}$ $\pm 3^\circ\text{C}$ в диапазоне $-50 \dots 0^\circ\text{C}$
Оптическое разрешение	12 : 1 (отношение расстояния к размеру пятна измерения)
Время отклика	500 мс
Длина волны	9...14 мкм
Коэффициент излучения	Фиксированный 0,95
Условия окружающей среды	Температура: $0 \dots +40^\circ\text{C}$ Влажность: 10...95 %

Смачивание

При соприкосновении жидкости с поверхностью твердого тела или другой жидкости возникает явление смачивания. Если из пипетки капнуть воду на различные поверхности, то можно наблюдать, как вода растекается по чистому стеклу или дереву, но собирается в капли на парафине или «жирной» поверхности.

Степень смачивания характеризуется величиной краевого угла смачивания (θ), образованного поверхностью твердого тела с касательной, проведенной к поверхности жидкости из точки ее соприкосновения с поверхностью (рисунок 1).

Если величина краевого угла меньше или равна 90° (угол острый), то происходит смачивание жидкостью твердой поверхности. Если величина краевого угла больше 90° (угол тупой), то твердая поверхность не смачивается жидкостью.

Из-за смачивания наблюдается искривление свободной поверхности жидкости в сосудах по линии соприкосновения с поверхностью сосуда (рисунок 2).

Значения краевого угла смачивания θ для некоторых сочетаний «жидкость — твердое вещество» приведены в таблице.

Жидкость	Твердое вещество	Краевой угол смачивания θ , в градусах
Вода	стекло	2
	воск, парафин	120
Ртуть	стекло	140

23. Изменится ли и, если изменится, то как, намокание древесины, если ее натереть воском? Ответ поясните.

Флотация

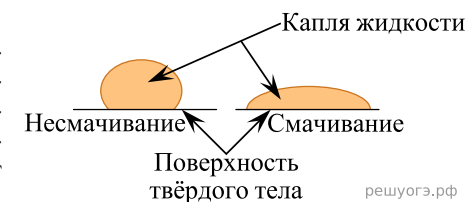
Чистая руда почти никогда не встречается в природе. Как правило, полезное ископаемое перемешано с «пустой», ненужной горной породой. Процесс отделения пустой породы от полезного ископаемого называют обогащением руды.

Для обогащения руды можно использовать явление смачивания (см. рисунок).

Способ обогащения руды, основанный на явлении смачивания, называется флотацией. Сущность флотации состоит в следующем. Раздробленная в мелкий порошок руда взбалтывается в воде. Туда же добавляется небольшое количество вещества, обладающего способностью смачивать одну из подлежащих разделению частей, например крупички полезного ископаемого, и не смачивать другую часть — крупички пустой породы. Обычно применяют какое-нибудь масло. В результате перемешивания крупички полезного ископаемого обволакиваются тонкой пленкой масла, а крупички пустой породы остаются свободными. В получившуюся смесь очень мелкими порциями вдувают воздух. Пузырьки воздуха, пришедшие в соприкосновение с крупичкой полезной породы, покрытой слоем масла и потому не смачиваемой водой, прилипают к ней.

Крупички полезной руды с пузырьками воздуха поднимаются вверх, а крупички пустой породы опускаются вниз. Таким образом, происходит более или менее полное отделение пустой породы, и получается концентрат, богатый полезной рудой.

24. Можно ли, используя флотацию, сделать так, чтобы пустая порода всплывала вверх, а крупички руды оседали на дно? Ответ поясните.



Зимний водопровод на даче

Такое свойство грунта, как его промерзание, — важный фактор, который следует учитывать при возведении нового жилого или промышленного здания. Скорость и глубина промерзания грунта зависят от многих составляющих: от самого типа грунта (см. таблицу); его влажности; значений отрицательных температур; наличия снегового покрова и др.

Город	Глубина промерзания грунта, м		
	суглинки и глины	песок мелкий, супесь	песок крупный, гравелистый
Архангельск	1,56	1,90	2,04
Вологда	1,43	1,74	1,86
Екатеринбург	1,57	1,91	2,04
Казань	1,43	1,75	1,87
Курск	1,06	1,29	1,38
Москва	1,10	1,34	1,44

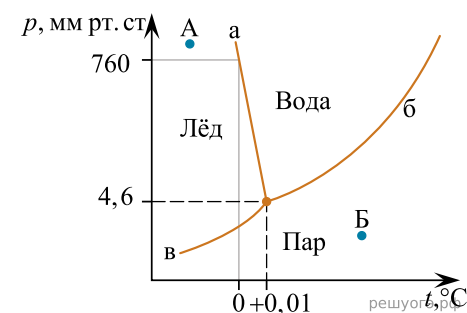
Для функционирования водопровода в зимнее время трубы укладывают в грунт ниже уровня промерзания земли. Трубы, как правило, утепляют подстилкой из песка или полипропиленовыми чехлами. Однако всегда существует участок водопровода, подводящий воду непосредственно в дом и нуждающийся в дополнительной защите от промерзания. Одно из решений в этом случае — использование на этом участке водопровода специального кабеля, который помещается в трубу и подогревает на этом участке воду.

25. Зависит ли, и если зависит, то как, глубина промерзания почвы от высоты снежного покрова при прочих равных условиях? Ответ поясните.

Тройная точка

Можно создать условия, при которых пар, жидкость и твердое состояние одного вещества попарно сосуществуют, находясь в равновесии. Могут ли находиться в равновесии сразу все три агрегатных состояния? Такая точка на диаграмме «давление — температура» (см. рисунок) существует. Ее называют тройной точкой.

Если поместить в закрытый сосуд, в котором создан вакуум и поддерживается температура 0°C , воду с плавающим льдом, то в свободное пространство начнут поступать водяные (и «ледяные») пары.



При давлении 4,6 мм рт. ст. наступит состояние динамического равновесия, когда количество испарившихся воды и льда равно количеству сконденсировавшегося за это же время пара. Теперь три фазы — лед, вода и пар — будут в состоянии равновесия. Эта точка и есть тройная.

Кривые на рисунке — это линии термодинамического (теплого) равновесия между льдом и паром (кривая «в»), льдом и водой (кривая «а»), водой и паром (кривая «б»). Три кривые пересекаются в тройной точке и делят диаграмму на три области: «лед», «вода» и «водяной пар».

Диаграмма существования фаз позволяет сразу же ответить на вопрос, что произойдет с веществом при нагревании или сжатии.

26. Можно ли лед, находящийся в состоянии, соответствующем точке А на диаграмме, перевести в пар, минуя жидкое состояние? Ответ поясните.

Парниковый эффект

Эффект «парника» известен всем, имевшим дело с этим незамысловатым огородным сооружением. В атмосфере он выглядит так. Часть излучения Солнца, не отразившаяся от облаков, проходит через атмосферу, играющую роль стекла или пленки, и нагревает земную поверхность. Нагретая поверхность остывает, испуская тепловое излучение, но это уже другое излучение — инфракрасное. Средняя длина волны такого излучения значительно больше, чем приходящего от Солнца, и потому атмосфера, почти прозрачная для видимого света, пропускает инфракрасное излучение значительно хуже.

Пары воды поглощают около 62% инфракрасного излучения, что способствует нагреву нижних слоев атмосферы. За водяным паром в списке парниковых газов следует углекислый газ (CO_2), поглощающий в прозрачном воздухе 22% инфракрасного излучения Земли.

Атмосфера поглощает восходящий от поверхности планеты поток длинноволнового излучения, нагревается и, в свою очередь, нагревает поверхность Земли. Максимум в спектре излучения Солнца приходится на длину волны около 550 нм. Максимум в спектре излучения Земли приходится на длину волны примерно 10 мкм. Роль парникового эффекта иллюстрирует рисунок.

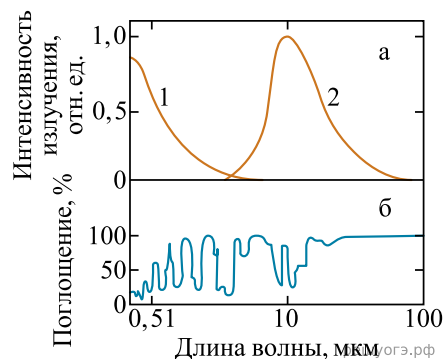


Рис. 28. а. Кривая 1 — расчетный спектр излучения Солнца (с температурой фотосферы 6000°C); кривая 2 — расчетный спектр излучения Земли (с температурой поверхности 20°C); рисунок б. Поглощение (в процентном отношении) земной атмосферой излучения на разных длинах волн.

На участке спектра от 10 до 20 мкм находятся полосы поглощения молекул CO_2 , H_2O , O_3 , CH_4 . Эти газы и поглощают излучение, приходящее с поверхности Земли.

27. Значительная часть энергии Солнца излучается в инфракрасном диапазоне. Условно различают три составляющие инфракрасного излучения: коротковолновая область (0,80–2,5 мкм), средневолновая область (2,5–50 мкм) и длинноволновая (50–100 мкм). Для какой(-их) области(-ей) солнечного инфракрасного излучения земная атмосфера непрозрачна? Ответ поясните.

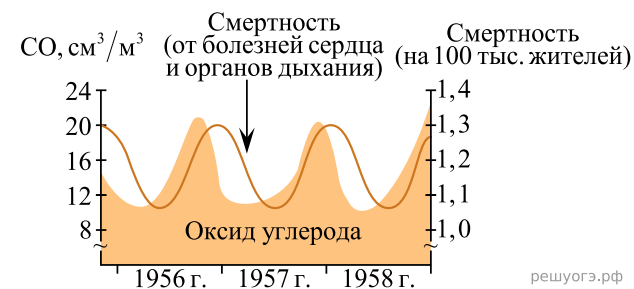
Здоровье человека и загрязнение окружающей среды

Огромное количество загрязняющих веществ попадает в окружающую среду в результате техногенных аварий и сбоев в системах технического обеспечения. Сотни тысяч автомобилей, курсирующих в больших городах, выбрасывают в воздух тонны углеводородов и других веществ, которые разлагаются под действием ультрафиолетовых лучей и образуют ядовитые туманы.

Отдельная проблема — загрязнение поверхностных и подземных источников воды. В промышленно развитых странах наиболее часто в воде регистрируется повышенное содержание железа, фтора, марганца, хлоридов и др. Смыв с сельскохозяйственных полей азотных удобрений значительно повышает содержание в воде относительно безвредных нитратов, которые, однако, могут превращаться в опасные нитриты. Попав в кровь, нитриты соединяются с гемоглобином и резко уменьшают способность крови выполнять свою главную функцию.

Опасные для здоровья вещества с грунтовыми водами могут попадать в местные источники питьевого водоснабжения. Опасен также переход загрязняющих веществ из почвы в продукты питания. Интенсивное использование ядохимикатов в сельском хозяйстве приводит к накоплению пестицидов в почвах. В таких районах чаще, чем в других, рождаются дети, страдающие тяжелыми заболеваниями, выше заболеваемость среди населения.

28. На рисунке представлены экспериментальные данные о выбросах оксида углерода и смертности от болезней сердца и органов дыхания в течение нескольких лет для одного из регионов. Какой вывод можно сделать из представленных данных? Ответ поясните.



решуогэ.рф

Аморфные и кристаллические тела

По своим физическим свойствам и молекулярной структуре твердые тела разделяются на два класса — аморфные и кристаллические.

В кристаллических телах частицы располагаются в строгом порядке, образуя пространственные периодически повторяющиеся структуры во всем объеме тела (рисунок 1).

Физические свойства кристаллических тел неодинаковы в различных направлениях (это свойство кристаллов называется анизотропностью), но совпадают, если направления параллельны. Анизотропия механических, тепловых, электрических и оптических свойств кристаллов объясняется тем, что при упорядоченном расположении атомов, молекул или ионов силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния оказываются неодинаковыми по различным направлениям.

Характерная особенность аморфных тел — их изотропность, т. е. независимость всех физических свойств от направления. Молекулы и атомы в изотропных твердых телах располагаются хаотично (см. рисунок 2).

По своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям. Примерами аморфных тел могут служить стекло, различные затвердевшие смолы (янтарь), пластики и т. д. У аморфных тел нет определенной температуры плавления. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур.

29. На рисунке представлены процессы нагревания с переходом в жидкое состояние для четырех веществ, первоначально находившихся в твердом состоянии.

Какой график соответствует аморфному веществу? Ответ поясните.

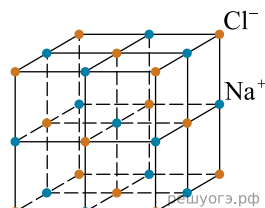


рисунок 1

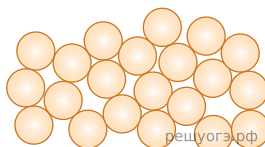
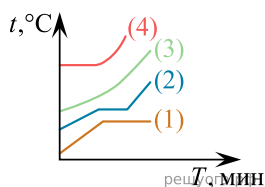
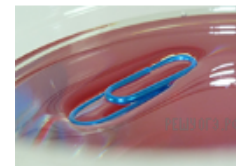


рисунок 2



Поверхностное натяжение

Согласно условиям плавания тело тонет в жидкости, если средняя плотность этого тела больше плотности жидкости. Так, металлическая скрепка должна утонуть в воде (плотность металла больше плотности воды). Однако если скрепку осторожно поместить на водную поверхность (см. рисунок), то она не тонет. Поверхность воды работает как некая упругая пленка.



Объясняется этот опыт следующим образом. Молекулы воды на глубине окружены соседними молекулами со всех сторон. На поверхности же молекулы воды притягиваются к соседним только сбоку и снизу.

В результате возникают силы, заставляющие поверхность воды сжиматься. Именно поверхностное натяжение служит причиной образования капель почти сферической формы, поскольку наименьшую площадь поверхности при неизменном объеме имеет шар.

Поверхностное натяжение в жидкости характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения (сила поверхностного натяжения пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения). Коэффициент зависит от природы жидкости, а также от ее температуры.

Значения коэффициента поверхностного натяжения для некоторых жидкостей представлены в таблице.

Жидкость	Температура, °C	Коэффициент поверхностного натяжения, мН/м
Вода	0	76
	20	73
	50	68
	100	59
Керосин	0	29
	20	24
Мыльный раствор	20	40
Ртуть	20	472

30. Сила поверхностного натяжения жидкости, направленная по касательной к поверхности жидкости в районе «шейки» капли (см. рисунок) влияет на массу капли, которая отрывается от отверстия крана. По мере увеличения капли сила тяжести, действующая на нее, растет, и в тот момент, когда она превышает уравнивающую ее силу поверхностного натяжения, капля отрывается.

Будет ли изменяться, и если будет, то как, масса капель воды, падающих из неплотно закрытого крана самовара, по мере остывания самовара? Прочие условия неизменны. Ответ поясните.

Перегретая жидкость

Кипением называется процесс образования большого количества пузырьков пара, всплывающих и лопающихся на поверхности жидкости при ее нагревании. На самом деле микроскопические пузырьки присутствуют в природной воде всегда, но только при кипении их размеры растут, и пузырьки становятся заметны. Одна из причин того, что в жидкости всегда есть микропузырьки, следующая. Жидкость, когда ее наливают в сосуд, вытесняет оттуда воздух, но полностью этого сделать не может, и его маленькие пузырьки остаются в микротрещинах и неровностях внутренней поверхности сосуда. Кроме того, в воде обычно содержатся микропузырьки пара и воздуха, прилипшие к мельчайшим частицам пыли.

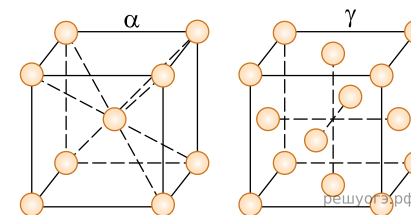
Жидкость, очищенная от микропузырьков, может существовать при температуре, превышающей температуру кипения. Такая жидкость называется перегретой. Перегретая жидкость находится в неустойчивом состоянии, и процесс закипания в ней может развиваться взрывообразно, если в жидкость попадают частицы, которые могут служить центрами парообразования. Например, если через перегретую жидкость пролетает заряженная частица, то образующиеся вдоль ее траектории ионы становятся центрами парообразования. На основе этого эффекта, открытого Д. Глезером, в 1953 г. была создана пузырьковая камера — прибор для регистрации элементарных частиц.

31. В первом из двух одинаковых сосудов при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении находится свеженалитая сырая вода, во втором — такое же количество воды, подвергшейся предварительному длительному кипячению. В каком из сосудов при нагревании на одинаковых плитках вода закипит быстрее? Ответ поясните.

Полиморфные превращения металлов

Металлы представляют собой поликристаллические тела, состоящие из большого числа мелких (10^{-1} – 10^{-5} см) хаотично ориентированных по отношению друг к другу кристаллов.

Многие металлы (в том числе железо) в зависимости от температуры могут существовать в разных кристаллических формах или, как их называют, в разных полиморфных модификациях. В результате полиморфного превращения атомы кристаллического тела, имеющего решетку одного типа, перестраиваются таким образом, что образуется кристаллическая решетка другого типа (см. рисунок).



Примеры полиморфных модификаций железа (α -железо и γ -железо)

Полиморфное превращение — обратимый процесс; он происходит как при нагреве, так и при охлаждении твердого тела. Вновь образующиеся полиморфные модификации — следствие возникновения центров кристаллизации и роста кристаллов, подобно кристаллизации из жидкого состояния.

Превращение одной полиморфной формы в другую при нагреве чистого металла сопровождается поглощением тепла и происходит при постоянной температуре (аналогично процессу плавления). В процессе охлаждения происходит выделение тепла при той же температуре, что и во время нагрева. Температура, при которой происходит переход из одного типа кристаллической решетки в другой, носит название температуры полиморфного превращения.

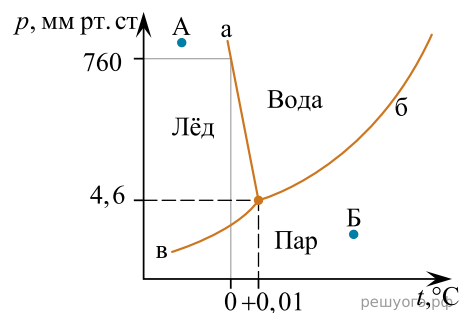
Так как полиморфные модификации вещества отличаются внутренней структурой, то свойства их различны.

32. На рисунке представлен график зависимости температуры от времени в процессе охлаждения железа. Первоначально железо находилось в жидком состоянии; температура плавления железа равна 1539°C . Скорость отвода тепла в процессе охлаждения оставалась постоянной. Сколько полиморфных превращений кристаллического железа наблюдалось в процессе охлаждения? Ответ поясните.

Тройная точка

Можно создать условия, при которых пар, жидкость и твердое состояние одного вещества попарно сосуществуют, находясь в равновесии. Могут ли находиться в равновесии сразу все три агрегатных состояния? Такая точка на диаграмме «давление — температура» (см. рисунок) существует. Ее называют тройной точкой.

Если поместить в закрытый сосуд, в котором создан вакуум и поддерживается температура 0°C , воду с плавающим льдом, то в свободное пространство начнут поступать водяные (и «ледяные») пары.



При давлении 4,6 мм рт. ст. наступит состояние динамического равновесия, когда количество испарившихся воды и льда равно количеству сконденсировавшегося за это же время пара. Теперь три фазы — лед, вода и пар — будут в состоянии равновесия. Эта точка и есть тройная.

Кривые на рисунке — это линии термодинамического (теплого) равновесия между льдом и паром (кривая «в»), льдом и водой (кривая «а»), водой и паром (кривая «б»). Три кривые пересекаются в тройной точке и делят диаграмму на три области: «лед», «вода» и «водяной пар».

Диаграмма существования фаз позволяет сразу же ответить на вопрос, что произойдет с веществом при нагревании или сжатии.

33. Можно ли пар, находящийся в состоянии, соответствующем точке Б на диаграмме, перевести в воду, не меня температуры? Ответ поясните.

Определение скорости движения молекул

В 1920 г. Отто Штерн провел опыты по исследованию средней скорости движения молекул. Устройство прибора Штерна схематично представлено на рисунке.

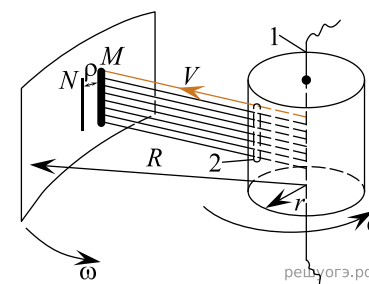


Схема опыта Штерна

Прибор состоял из двух расположенных вертикально цилиндров радиусом r и R , из пространства внутри которых непрерывно откачивался воздух до очень низкого давления. По общей оси 1 цилиндров располагалась платиновая нить, покрытая тонким слоем серебра. При пропускании по платиновой нити электрического тока она нагревалась до высокой температуры. Серебро начинало испаряться, и его атомы разлетались, равномерно оседая на внутренней поверхности малого цилиндра. Щель 2 в стенке малого цилиндра выделяла узкий пучок молекул, которые долетали до внутренней поверхности большого цилиндра и «прилипали» к ней, образуя налет серебра в виде узкой вертикальной полоски N .

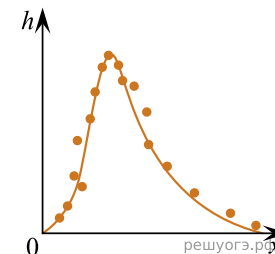
Если весь прибор приводился в быстрое вращение с угловой скоростью ω , то налет серебра смещался и давал более размытую полоску M шириной x .

Длина r дуги MN равна пути, проходимому точками большого цилиндра за время t полета молекулы от щели до стенки большого цилиндра. Если обозначить через u скорость движения точек большого цилиндра, то получится уравнение, из которого можно

определить скорость движения молекул v :
$$\frac{R-r}{v} = \frac{\rho}{u}.$$

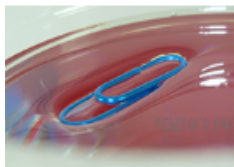
34. На рисунке представлены экспериментальные данные о толщине h осевшего слоя молекул, измеренные в различных точках в пределах ширины x полоски M .

Можно ли на основании проведенного исследования утверждать, что при заданной температуре все молекулы серебра движутся с одинаковой по модулю скоростью? Ответ поясните.



Поверхностное натяжение

Согласно условиям плавания тело тонет в жидкости, если средняя плотность этого тела больше плотности жидкости. Так, металлическая скрепка должна утонуть в воде (плотность металла больше плотности воды). Однако если скрепку осторожно поместить на водную поверхность (см. рисунок), то она не тонет. Поверхность воды работает как некая упругая пленка.



Объясняется этот опыт следующим образом. Молекулы воды на глубине окружены соседними молекулами со всех сторон. На поверхности же молекулы воды притягиваются к соседним только сбоку и снизу.

В результате возникают силы, заставляющие поверхность воды сжиматься. Именно поверхностное натяжение служит причиной образования капель почти сферической формы, поскольку наименьшую площадь поверхности при неизменном объеме имеет шар.

Поверхностное натяжение в жидкости характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения (сила поверхностного натяжения пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения). Коэффициент зависит от природы жидкости, а также от ее температуры.

Значения коэффициента поверхностного натяжения для некоторых жидкостей представлены в таблице.

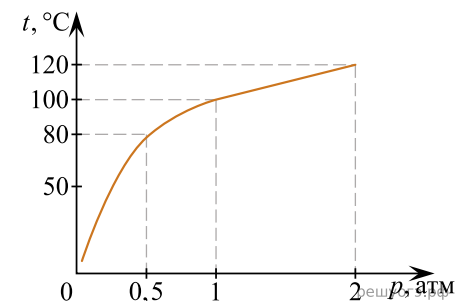
Жидкость	Температура, °C	Коэффициент поверхностного натяжения, мН/м
Вода	0	76
	20	73
	50	68
	100	59
Керосин	0	29
	20	24
Мыльный раствор	20	40
Ртуть	20	472

35. Космонавт, находящийся в невесомости на космическом корабле, выдавил из тюбика жидкость. Какую форму приняла жидкость? Ответ поясните.

Гейзеры

Гейзеры (горячие источники, периодически выбрасывающие фонтаны горячей воды и пара) располагаются вблизи действующих или недавно уснувших вулканов. Для извержения гейзеров необходима теплота, поступающая от вулканов.

Чтобы понять физику гейзеров, вспомним, что температура кипения воды зависит от давления (см. рисунок).



Зависимость температуры кипения воды от давления

Представим себе 20-метровую гейзерную трубку, наполненную горячей водой. По мере увеличения глубины температура воды растет. Одновременно возрастает и давление: оно складывается из атмосферного давления и давления столба воды в трубке. При этом везде по длине трубки температура воды оказывается несколько ниже температуры кипения, соответствующей давлению на той или иной глубине.

Теперь предположим, что по одному из боковых протоков в трубку поступила порция пара. Пар вошел в трубку и поднял воду до некоторого нового уровня, а часть ее вылилась из трубки в бассейн. При этом температура поднятой воды может оказаться выше температуры кипения при новом давлении, и тогда вода немедленно закипает. При кипении образуется пар, который еще выше поднимает воду, заставляя ее выливаться в бассейн.

36. В гейзерную трубку из бокового протока поступила порция пара. Часть воды вылилась, и над паром остался столб воды высотой 10 м. Вода на этой глубине находится при температуре 125°C. Атмосферное давление 10⁵ Па. Закипит или нет поднятая паром вода? Ответ поясните.

Глобальное потепление

Согласно существующим оценкам в XX в. в среднем температура воздуха у поверхности Земли повысилась за 100 лет на $0,5^{\circ}\text{C}$. С увеличением средней глобальной температуры приземного слоя воздуха связывают рост экстремальных климатических явлений: необычный размах колебаний температуры, увеличение частоты штормов, необычайные и внесезонные осадки и др.

В настоящее время остается открытым вопрос, какой вклад в этот процесс внесла хозяйственная деятельность человека, а какой можно объяснить естественными климатическими изменениями.

Ряд ученых объясняют потепление ростом концентрации парниковых газов: углекислого газа, метана, хлорфторуглеродов, оксидов азота. Парниковый эффект работает следующим образом. Часть светового излучения Солнца, прошедшая через атмосферу, нагревает земную поверхность. Нагретая поверхность остывает, испуская тепловое излучение, но это уже другое излучение — инфракрасное. Атмосфера, почти прозрачная для видимого света, пропускает инфракрасное излучение значительно хуже. Парниковые газы поглощают инфракрасное излучение, что способствует нагреву нижних слоев атмосферы.

Температура у поверхности Земли зависит не только от парниковых газов. В первую очередь она определяется отражательной способностью планеты — альбедо (отношением отраженного планетой потока излучения к падающему на нее потоку). Альбедо зависит от многих факторов: наличия и состояния облачности, изменения ледников, времени года и, соответственно, осадков.

Прозрачность нижних слоев земной атмосферы для солнечных лучей зависит также от пожаров. Из-за них в атмосферу поднимаются пыль и сажа, которые плотным экраном закрывают Землю.

37. Изменяется ли, и если изменяется, то как, альбедо Земли в период извержения вулканов? Ответ поясните.

Смачивание

При соприкосновении жидкости с поверхностью твердого тела или другой жидкости возникает явление смачивания. Если из пипетки капнуть воду на различные поверхности, то можно наблюдать, как вода растекается по чистому стеклу или дереву, но собирается в капли на парафине или «жирной» поверхности.



Степень смачивания характеризуется величиной краевого угла смачивания (θ), образованного поверхностью твердого тела с касательной, проведенной к поверхности жидкости из точки ее соприкосновения с поверхностью (рисунок 1).

Если величина краевого угла меньше или равна 90° (угол острый), то происходит смачивание жидкостью твердой поверхности. Если величина краевого угла больше 90° (угол тупой), то твердая поверхность не смачивается жидкостью.

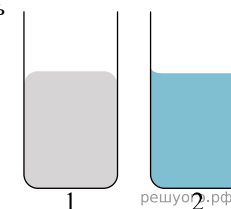


Из-за смачивания наблюдается искривление свободной поверхности жидкости в сосудах по линии соприкосновения с поверхностью сосуда (рисунок 2).

Значения краевого угла смачивания θ для некоторых сочетаний «жидкость — твердое вещество» приведены в таблице.

Жидкость	Твердое вещество	Краевой угол смачивания θ , в градусах
Вода	стекло	2
	воск, парафин	120
Ртуть	стекло	140

38. В два одинаковых стеклянных сосуда налили воду и ртуть (см. рисунок). В каком сосуде находится ртуть? Ответ поясните.

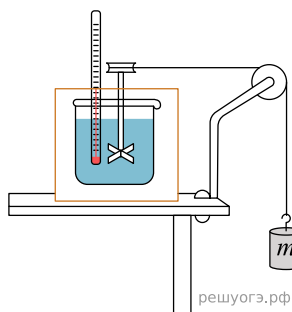


Закон эквивалентности работы и тепла

В 1807 г. физик Ж. Гей-Люссак, изучавший свойства газов, поставил простой опыт. Давно было известно, что сжатый газ, расширяясь, охлаждается. Гей-Люссак заставил газ расширяться в пустоту — в сосуд, воздух из которого был предварительно откачан. К его удивлению, никакого понижения температуры не произошло, температура газа не изменилась. Исследователь не мог объяснить результат: почему один и тот же газ, одинаково сжатый, расширяясь, охлаждается, если его выпускать прямо в атмосферу, и не охлаждается, если его выпускать в пустой сосуд, где давление равно нулю?

Объяснить опыт удалось немецкому врачу Роберту Майеру. У Майера возникла мысль, что работа и количество теплоты могут превращаться друг в друга. Эта замечательная идея сразу дала возможность Майеру сделать ясным загадочный результат опыта Гей-Люссака: если количество теплоты и работа взаимно превращаются, то при расширении газа в пустоту, когда он не совершает никакой работы, так как нет никакой силы (давления), противодействующей увеличению его объема, газ и не должен охлаждаться. Если же при расширении газа ему приходится совершать работу против внешнего давления, его температура должна понижаться.

Идея Майера была много раз подтверждена прямыми измерениями. Особое значение имели опыты Джоуля, который измерял количество теплоты, необходимое для нагревания жидкости вращающейся в ней мешалкой (см. рис.). Одновременно измерялись и работа, затраченная на вращение мешалки, и количество теплоты, полученное жидкостью. Как ни менялись условия опыта (брались разные жидкости, разные сосуды и мешалки), результат был один и тот же: всегда работа, совершенная при падении груза, в пределах точности эксперимента равнялась количеству теплоты, выделившемуся в жидкости.



Упрощенная схема опыта Джоуля по определению механического эквивалента теплоты

39. В одном из опытов Джоуля перемешивалось 7 кг воды. Мешалка приводилась в движение двумя грузами по 14 кг каждый, которые опускались на 2 м по вертикали. Затем Джоуль поднимал грузы вверх и повторял опыт. Изменилась бы, и если изменилась, то на сколько, температура воды при 20-кратном повторении опыта? Ответ поясните.

Меркурий

История наших знаний о Меркурии уходит корнями в глубокую древность, это одна из первых планет, известных человечеству. Меркурий наблюдали еще в древнем Шумере, одной из первых развитых цивилизаций на Земле. Древние римляне назвали планету в честь бога Меркурия (в греческом варианте Гермеса), покровителя торговли, ремесел, а также посланца других олимпийских богов.

С чем связана такая ассоциация? Год на планете длится всего 88 дней, Меркурий — самая быстрая планета.

Меркурий — это ближайшая к Солнцу и самая маленькая планета Солнечной системы. При пролете мимо Меркурия космического аппарата «Маринер-10», запущенного в 1973 г., было установлено наличие у планеты предельно разреженной атмосферы, давление которой в $5 \cdot 10^{11}$ раз меньше давления земной атмосферы. В таких условиях атомы чаще сталкиваются с поверхностью планеты, чем друг с другом. Атмосферу составляют захваченные из солнечного ветра или выбитые солнечным ветром с поверхности атомы гелия, натрия, кислорода, калия, аргона, водорода. Имеющейся у Меркурия гравитации недостаточно для поддержания плотной атмосферы.

40. В таблице ниже приведены сравнительные физические характеристики для двух планет Солнечной системы — Меркурия и Марса.

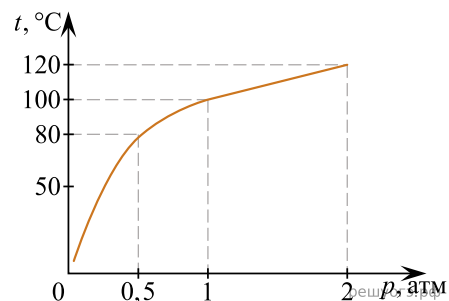
Планета	Среднее расстояние от Солнца, млн. км	Масса, % от массы Земли	Ускорение свободного падения, м/с ²	Температура у поверхности, °С	Атмосфера
Меркурий	58	5,5	3,77	от -190°C до $+430^{\circ}\text{C}$	Практически отсутствует
Марс	228	10,7	3,71	от -153°C до $+35^{\circ}\text{C}$	Среднее атмосферное давление составляет 0,4–0,87 кПа

Марс, в отличие от Меркурия, не растерял полностью свою атмосферу в космосе. Чем объясняется это различие? Ответ поясните.

Гейзеры

Гейзеры (горячие источники, периодически выбрасывающие фонтаны горячей воды и пара) располагаются вблизи действующих или недавно уснувших вулканов. Для извержения гейзеров необходима теплота, поступающая от вулканов.

Чтобы понять физику гейзеров, вспомним, что температура кипения воды зависит от давления (см. рисунок).



Зависимость температуры кипения воды от давления

Представим себе 20-метровую гейзерную трубку, наполненную горячей водой. По мере увеличения глубины температура воды растет. Одновременно возрастает и давление: оно складывается из атмосферного давления и давления столба воды в трубке. При этом везде по длине трубки температура воды оказывается несколько ниже температуры кипения, соответствующей давлению на той или иной глубине.

Теперь предположим, что по одному из боковых протоков в трубку поступила порция пара. Пар вошел в трубку и поднял воду до некоторого нового уровня, а часть ее вылилась из трубки в бассейн. При этом температура поднятой воды может оказаться выше температуры кипения при новом давлении, и тогда вода немедленно закипает. При кипении образуется пар, который еще выше поднимает воду, заставляя ее выливаться в бассейн.

41. В гейзерную трубку из бокового протока поступила порция пара. Часть воды вылилась, и над паром остался столб воды высотой 10 м. Вода на этой глубине находится при температуре 100°C . Атмосферное давление 10^5 Па. Закипит или нет поднятая паром вода? Ответ поясните.