

Приглашение в парную

(или Физика в бане)

Кандидат физико-математических наук
И. И. МАЗИН

«Дивное видел я в Славянской земле на пути своем. Видел бани деревянные, и разожгут их докрасна, и разденутся, и будут наги, и обольются квасом, и возьмут прутья молодые, и бьют себя сами, и того добьются, что вылезут еле живы, и обольются водой студеной, и так оживут.»

Так описывается баня в русских летописях XI века. И по сей день любители бани с азартом «мучают» сами себя. Зачем? Говорят, что польза банных процедур связана с кратковременным воздействием на кожу высоких температур — горячего воздуха. Однако во влажном воздухе высокую температуру трудно выдерживать даже недолго. Так что в хорошей бане должно быть не только жарко, но и сухо. Не так-то просто построить хорошую баню, да и «приготовить» пар, то есть, говоря научным языком, создать оптимальный микроклимат, тоже надо уметь. Наши предки умели это делать еще в XI веке, а вот объяснить, почему в бане нужно поступать так, а не иначе, они бы, пожалуй, не смогли. Но сегодняшний школьник знает достаточно, чтобы ответить на вопросы, которые задает любителям физики обычная парная. Это я и предлагаю сделать читателю. Начнем мы с того, что посмотрим как бы со стороны на банный «сеанс» и будем по ходу дела задавать себе вопросы. А потом мы попытаемся на них ответить.

Итак, в баню! А чтобы лучше ориентироваться, будем пользоваться рисунком со страницы 19.

Вот мы уже в парной. Ну и жара... Что же, постоим немного внизу — здесь попрохладнее. Привыкли — можно и наверх. Горячо? Ничего, сегодня еще не очень жарко, бывает и так, что на горячий деревянный пол босой ногой не встанешь, да и на скамье не посидишь. А если скамья сколочена железными гвоздями, то на

нее не стоит садиться и в не очень жаркой бане: прикоснешься голым телом к шляпке гвоздя — заработаешь ожог.

Вопрос 1. Почему в парной внизу холоднее, чем на полке?

Вопрос 2. Почему при той температуре, при которой еще можно сесть на нагретое дерево, садиться на железо уже нельзя — обожжешься?

Постепенно мы привыкаем к парной. Воздух уже не кажется таким горячим. Однако чувствуется, что он сырой — на скамейке, на полу мокрые пятна. Это можно исправить. Нужно, как говорят, «поддать пару»: взять кипятка и маленькими порциями, ковшиком, бросать его в печь на раскаленные камни. Сразу горячая волна пахнет из печи наверх, жарче станет на полке, жарче и суше; исчезнут мокрые пятна, высохнут пол и скамьи.

Вопрос 3. Почему, когда подбрасывают воду на горячие камни печи, в парной становится суше?

Вопрос 4. Почему нужно подбрасывать воду понемногу, а не вылить в каменку сразу шайку воды?

Вопрос 5. Почему нужно бросать именно кипяток, а не холодную воду?

...Но вот прошло больше часа. В парной побывало много народу, воздух уже не такой свежий, сырость, на полу листья от веников. Пора «чистить» парную. Это делается так. Все выходит минут на десять. За это время нужно подмести пол, окатить его водой из шланга; затем открыть настежь дверь в парную, снаружи около двери плеснуть на пол несколько шаек холодной воды; а потом начать поддавать пар. Свежий пар вытеснит старый, застоявшийся воздух парной. Теперь все готово, можно заходить и начинать все сначала.

Вопрос 6. Зачем нужна лужа холодной воды у входа в парную?

Вопрос 7. Почему свежий пар вытесняет старый воздух парной?

Итак, с правилами бани мы познакомились. Давайте отвечать на возникшие вопросы.

Первый вопрос был настолько прост, что на него, наверное, сразу ответил любой читатель. Так что начнем со второго вопроса.

Что происходит, когда человек наступает или садится на горячую скамью? Температура тела человека не больше 40 °С, в то время как тем-

пература воздуха, и скамеек в хороше до 120 °С. При этом процесс передачи тепла (скамьи) к человеку. Как быстро идет процесс, в частности, теплопроводность металла быстрее передается на нагретых участках. У железа, как и у дерева, теплопроводность выше, чем у дерева, в 10 раз. Когда мы соприкасаемся с частью, которая находится в зоне контакта, и нагрето, «отнято» у человека. Иное дело, если в з

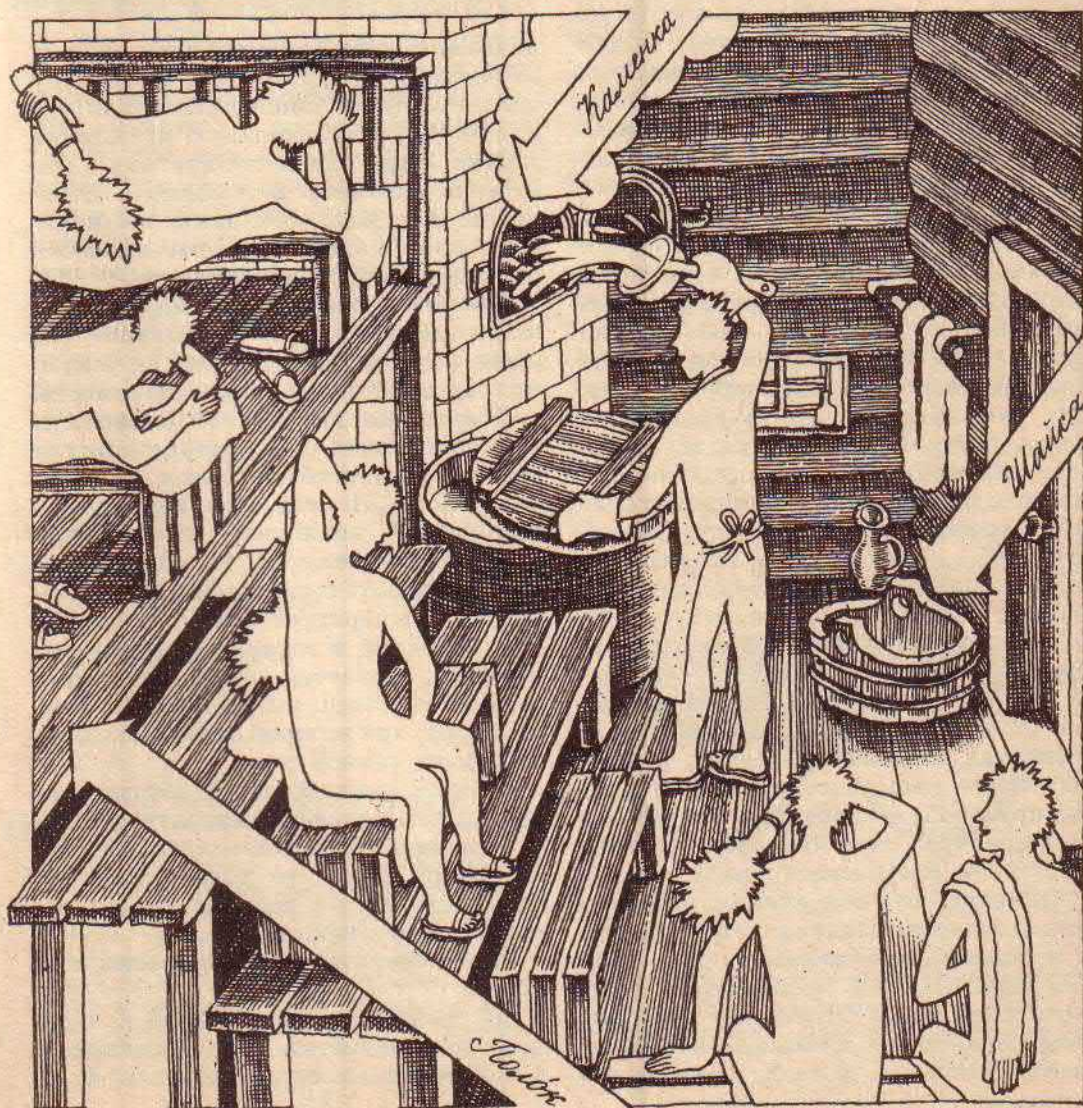


пература воздуха, а следовательно, и скамеек в хорошей парной от 80 до 120 °С. При контакте начинается процесс передачи тепла от горячего тела (скамьи) к холодному (человеку). Как быстро идет процесс? Это определяется, в частности, теплопроводностью горячего тела. Чем больше теплопроводность материала, тем быстрее передается тепло от его более нагретых участков к менее нагретым. У железа, как и у других металлов, теплопроводность значительно больше, чем у дерева, — примерно в 300 раз. Когда мы прикасаемся с горячей деревянной скамьей, остывает та ее часть, которая находится вблизи зоны контакта, и нам передается тепло, «отнятое» у малого объема скамьи. Иное дело, если в зоне контакта ока-

жется гвоздь: тепло будет быстро «подтягиваться» к точкам соприкосновения со всей длины гвоздя. Кроме того, объемная теплоемкость (то есть теплоемкость, рассчитанная на единицу объема) у железа примерно в 40 раз больше, чем у дерева; так что при одинаковых условиях остывания мы от куска железа получим в десятки раз больше тепла, чем от куска дерева того же объема.

Теперь, я думаю, вы сможете сами четко сформулировать ответ на вопрос 2. (Заметьте: мы ничего не говорили о теплопроводности и теплоемкости человеческого тела. Подумайте сами, какую роль играют эти характеристики в рассмотренном нами процессе.)

Чтобы ответить на следующие вопросы, давайте вспомним некоторые



сведения из молекулярной физики, в частности — о водяном паре.

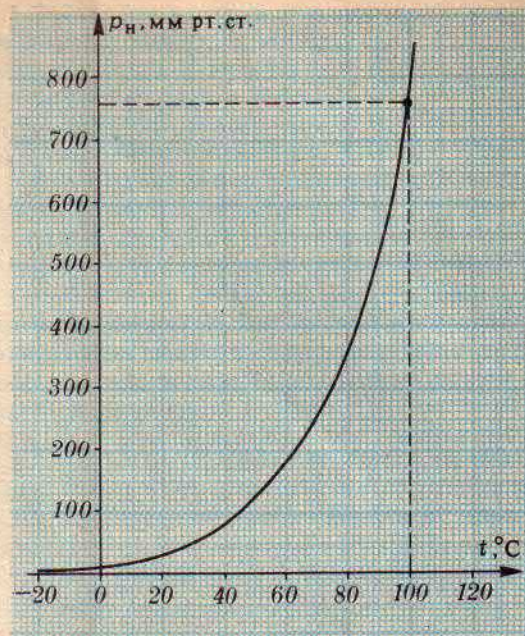
Вода, как известно, может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом — лед, жидком — собственно то, что мы и называем водой, и газообразном — пар. Что касается льда, то он прямого отношения к бане не имеет, а вот про воду и пар поговорим.

Вода может превращаться в пар — это испарение, а пар может превращаться в воду — это конденсация. При испарении воды поглощается тепло, а при конденсации той же массы пара выделяется такое же количество тепла. В атмосфере всегда имеется некоторое количество водяного пара. Например, в жилой комнате в 1 м^3 воздуха обычно содержится около 10 г пара. Плотность водяного пара в воздухе называют абсолютной влажностью.

Поставим в комнате блюдце с водой. Вода будет испаряться и со временем вся превратится в пар. При этом абсолютная влажность в комнате повысится, но не намного — объем комнаты обычно несколько десятков кубических метров, и если в блюдце было 10 г воды, то влажность увеличилась не более чем на 1 г/м^3 . А если такое же блюдце поместить в сосуд объемом 1 л (10^{-3} м^3) и закрыть его? Количество воды в блюдце будет уменьшаться до тех пор, пока пар в сосуде не станет насыщенным. А это произойдет тогда, когда число молекул, вылетающих из воды за единицу времени, и число молекул, переходящих за единицу времени из пара в воду, сравняются. И с этого времени абсолютная влажность воздуха в сосуде не будет изменяться. (Разумеется, мы имеем в виду, что температура сосуда все время остается постоянной.)

Таким образом, при каждой температуре существует максимальная абсолютная влажность воздуха, равная плотности насыщенного водяного пара при этой температуре. Чем выше температура, тем больше значение плотности насыщенного пара.

Понятно, что чем меньше абсолютная влажность воздуха по отношению к максимально возможной при данной температуре, тем интенсивнее идет испарение воды. Отношение абсолютной влажности к плотности насыщенного пара при данной температуре



называют относительной влажностью, ее измеряют в процентах. Поскольку давление пара пропорционально его плотности, относительную влажность можно определить по-другому: это есть выраженное в процентах отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при данной температуре.

Давление насыщенного пара, так же как и его плотность, тем больше, чем выше температура. График на рисунке демонстрирует эту зависимость.

Повышение абсолютной влажности при постоянной температуре воздуха ведет к увеличению относительной влажности. И если при неизменной абсолютной влажности температура воздуха понижается, то относительная влажность будет расти. При некоторой температуре она достигнет 100% — пар в воздухе станет насыщенным, начнется его конденсация (появится туман, выпадет роса). Температуру, при которой это происходит, называют точкой росы.

А если увеличивается абсолютная влажность и растет температура? Тогда относительная влажность будет зависеть от того, что растет быстрее: плотность пара в воздухе или давление насыщенных паров.

Ну, а теперь вернемся к нашим вопросам.

Мы выяснили, что скорость испарения определяется не абсолютной влажностью, а относительной. Если

при подбрасывании в парной становиться относительная влажность (а абсолютная, наоборот, уменьшается). Почему тогда небольшое количество воды, брошенной в печку, образует в маленькие капли, камни, разогретые до сотни градусов, капли испаряются, превращаясь в пар, температура которого ниже температуры самих камней. Пар вырывается из печи, температура воздуха в парной снижается. Более высокой температурой отвечает более высокая влажность насыщенного пара. С учетом увеличения влажности, относительная влажность может уменьшаться на самом деле.

Понятно, почему в бане именно маленькая порция воды. Большая порция сравнительно быстро испаряется, как «капля» не успевает так быстро, как маленькая, начнет кипеть, образуя пар, температурой 100°C или даже выше. Но на самом деле секрет в быстроте испарения! По этой же причине горячую воду в бане добавляют к холодной воде. Ведь вода с низкой теплопроводностью даже маленькая капля успевает нагреться до 100°C .

Африканская головоломка

С давних времен в Африке были популярны игры и головоломки. Хотим предложить вам одну из них — головоломку — ее любят и взрослые, и дети. Головоломка состоит из планшета, шнура, продержанного в отверстии так, как показано на рисунке. Кольцо вдоль всего шнура закреплено по краям планшета, скажем, на левой петле. Шнур вдоль четверо длиннее планшета, чем центральное отверстие.

при подбрасывании кипятка в каменку в парной становится суше, значит, относительная влажность уменьшается (а абсолютная, конечно, увеличивается). Почему это происходит? Когда небольшое количество воды с силой бросают в печку, она разбрызгивается в маленькие капельки. Попадая на камни, разогретые до температуры в сотни градусов, капельки мгновенно испаряются, превращаясь в пар, температура которого сравнима с температурой самих камней. Раскаленный пар вырывается из печки, общая температура воздуха в парной повышается. Более высокой температуре соответствует более высокая плотность насыщенного пара, и, значит, даже с учетом увеличения абсолютной влажности, относительная влажность может уменьшаться. Это и происходит на самом деле.

Понятно, почему нужно бросать воду именно маленькими порциями. Большая порция упадет на камни сравнительно большой «каплей». Такая «капля» не сможет испариться так быстро, как маленькая, а просто начнет кипеть, образуя пар с температурой 100 °С или, может быть, немного выше. Но нас это не устроит. Весь секрет в быстротечности процесса! По этой же причине нельзя бросать холодную воду. Ведь у камня довольно низкая теплопроводность, поэтому даже маленькая капля, пока будет нагреваться до 100 °С, успеет несколь-

ко охладить ту часть камня, с которой соприкасается, а значит, и температура образующегося пара упадет.

Итак, на вопросы 3, 4 и 5 мы ответили. Вопрос 6 для нас теперь несложен. Вблизи лужи температура ниже, чем точка росы. Поэтому выходящий из парилки «отработанный» пар начинает быстро конденсироваться, как говорят, «садиться» на луже. В хорошей парилке дверь и печь расположены в разных концах: горячий пар, образующийся у каменки, пройдя всю парилку, охлаждается и конденсируется на выходе.

И наконец, последний вопрос: почему свежий пар вытесняет старый воздух парной?

Вспомним, что при «чистке» парной в печь набросали несколько шаек кипятка, то есть не меньше десяти килограммов воды. Температура образовавшегося из этой воды пара — около 300 °С. При такой температуре и при давлении в 1 атмосферу 10 кг водяного пара занимали бы объем более 25 м³. Можно сказать, что мы в течение небольшого времени ввели в помещение такое количество пара, которое само занимает примерно 1/3 объема этого помещения. Пар этот горячий, поэтому он поднимается вверх и вытесняет старый воздух вниз.

Ну, вот, а теперь, когда с физикой все стало ясно, можно приступать к практическим занятиям. Легкого пара, дорогой читатель!

Африканская головоломка

С давних времен в Африке очень популярны игры и головоломки с веревочками. Мы хотим предложить вам одну из таких головоломок — ее любят в Гамбии. Эта головоломка состоит из планки с тремя отверстиями, шнура, продернутого через центральное отверстие так, как показано на рисунке, и закрепленного по краям, и кольца, висящего, скажем, на левой петле. Требуется передвинуть кольцо вдоль всего шнура направо, не отвязывая шнура от планки. (Шнурок примерно вчетверо длиннее планки, а кольцо больше, чем центральное отверстие в планке.) Попро-



буйте решить эту головоломку. Если у вас ничего не получается, загляните в конец номера.

А. Т. Калинин