

Почему у сыра круглые дыры

С. КРОТОВ

...На полянке рос высокий-превысокий дуб, а на самой верхушке этого дуба кто-то громко жужжал: жжж! Винни-Пух сел на траву под деревом, обхватил голову лапами и стал думать. Сначала он подумал так: «Это — жжжжж — неспроста! Зря никто жужжать не станет. Само дерево жужжать не может. Значит, тут кто-то жужжит. А зачем жужжать, если ты — не пчела? По-моему, так!». Потом он еще подумал-подумал и сказал про себя: «А зачем на свете пчелы? Для того, чтобы делать мед! По-моему, так!». Тут он поднялся и сказал: «А зачем на свете мед? Для того, чтобы я его ел! По-моему, так, а не иначе!».

А.Милн. Винни-Пух и все-все-все

ПОЧЕМУ многие любят симпатичного героя — медвежонка Винни-Пуха? Наверное, потому, что он нам напоминает нас самих, когда мы были маленькими, задавали всякие глупые (по мнению взрослых) вопросы и тут же хотели получить на них ответы. Но задавать вопросы очень полезно в любом возрасте. И конечно — при знакомстве с физикой. Давайте попробуем — может быть мне удастся вас в этом убедить.

Не приходилось ли вам в детстве читать сказку «Два жадных медвежонка»? Не знаю как вам, но мне больше всего запомнилась сама книжка, причем незабываемое впечатление произвели красочные иллюстрации с исчезающей на глазах головкой сыра в ярко-красном «мундире» и ужасно «дырявой» внутри. Дырки были абсолютно круглые и все почти одинаковые.

С тех пор прошло много времени, и лишь недавно я понял, что за устройство дырок в сыре отвечает один из фундаментальных законов природы — закон Паскаля. Не забыли, как он звучит? «Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в каждую точку жидкости или газа.» Как видите, главным действующим лицом здесь выступает давление. Вот и давайте прежде всего обсудим эту физическую величину. Помните, как в печальной сказке «Серая шейка» хитрая лиса подползала к полынью, в которой плавала Серая шейка? Понимая опасность передвижения по тонкому льду, лиса распласталась по нему как только могла.

Эта статья была опубликована в «Кванте» №1 за 1985 год.

Но сила, с которой она давит на лед, не зависит от ее положения — лиса ведь не становится легче от того, что она стоит, а не лежит. Нет ли здесь противоречия?

Оказывается, нет. Все дело в том, на какую площадь поверхности приходится эта сила давления. Чем больше поверхность соприкосновения лисы и льда, тем меньше сила, прогибающая лед в различных его участках, тем безопаснее по нему передвигаться. (Лиса была хитрая и знала об этом.) Точно так же и для описания многих других явлений мало знать общую силу давления — силу, с которой давят друг на друга соприкасающиеся тела, а важно знать, какая сила приходится на единицу площади поверхности их соприкосновения. Но сила давления, приходящаяся на единицу площади поверхности, это и есть давление. Не припомните еще какую-нибудь историю, в которой все (с точки зрения физики) определялось бы именно давлением?

Ну конечно, это сказка Андерсена «Принцесса на горошине». Почему горошина, попавшая в постель принцессы, могла вызвать у нее столь неприятные ощущения? Опять все дело в давлении. Очевидно, что как с горошиной, так и без нее общая сила, «удерживающая» принцессу на кровати, остается неизменной. Но если на кровати появится выступающая часть в виде горошины, то давление в этом месте резко возрастет, что тотчас испортит настроение принцессе, и она может потерять сон. Вы не станете возражать, что вовсе не нужно быть изнеженной принцессой, чтобы обнаружить в своей постели небольшую горо-

шину? Я думаю, с этим справился бы и свинопас. А вот обнаружить горошину через толщу нескольких пуховых перин (в сказке их было двенадцать) — это требует изысканной утонченности чувств. Чуть дальше мы обсудим, почему пуховая перина, положенная поверх горошины, способна все запутать (а может быть, и нет, если, конечно, принцесса настоящая).

Итак, давление — это величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно к поверхности, к площади этой поверхности. Но в законе Паскаля неявно присутствует вроде бы еще одно давление — внутри жидкости или газа. Получается так, что жидкость внутри как-то «узнает» о том, что извне на нее что-то давит. То есть действующее на внешнюю поверхность жидкости давление передается самой жидкостью от точки к точке, причем одинаково во всех направлениях. И это является неотъемлемым свойством именно жидкости. Так она «устроена». Разберемся в этом поподробнее.

Нам понадобится мягкая пружина. Например, такая, как в пневматическом пистолете. Если ее положить на стол, то расстояние между соседними витками будет одним и тем же по всей длине пружины. А вот если ту же пружину поставить вертикально, то под действием силы тяжести витки начнут «падать» вниз, приближаясь друг к другу. В конце концов в разных сечениях пружина будет сжата по-разному — чем ниже витки, тем меньше будет расстояние между ними. В чем здесь дело? В результате взаимных перемещений витков в пружину?



жине возникают упругие силы, причем чем ниже витки, тем большую часть пружины они несут на себе и тем сильнее они сжаты. Итак, в различных сечениях давления в пружине разные. Чтобы увидеть картину давлений внутри тела, сожмите в руке поролоновую губку. Одни участки поролона сожмутся, другие, наоборот, растянутся. Чем сильнее сжато какое-то место, тем меньше и размеры соответствующих «пор».

Как видите, о внутренних давлениях мы могли судить так: для пружины — по изменению расстояний между соседними витками, для поролона — по изменению размеров «пор».

Жидкости или газы, в отличие от твердых тел, как правило, могут быть только сжаты. Причем если в непроницаемую оболочку налить жидкость и сильно сжать ее, то (если не учитывать силу тяжести) она будет сжата одинаково по всему объему — изнутри нельзя отличить одну точку от другой. Важно, что независимо от формы внешней поверхности давление из любой точки жидкости передается во все соседние точки одинаково. Чтобы сделать свои слова более наглядными, я вынужден буду попросить у вас прощения и напомнить не самые лучшие минуты жизни. Всем нам когда-то делали уколы. Помните, как, прежде чем сделать укол, врач надавливает на шприц и из тоненькой иголки выпускает струйку целебной жидкости? Представим теперь, что нам удалось по всей поверхности шприца сделать небольшие отверстия и вставить в них иголки — у нас получилось что-то вроде ежика. Если теперь надавить на поршень шприца-ежика, то из всех иголок, находящихся на одной высоте, будут бить абсолютно одинаковые струйки. Это происходит потому, что жидкость подчиняется закону Паскаля и выдавливается из отверстий, находящихся на одной высоте, с одной и той же силой. Для отверстий, находящихся на разных высотах, необходимо учитывать силу гидростатического давления.

Для сравнения упругих свойств жидкости и твердого тела приведем еще один пример. Представим себе, что в одну узкую мензурку мы опустили пружину (такую, что

диаметр ее витков совпадает с внутренним диаметром мензурки), а в другую налили воду. Вообразим теперь, что стенки сосудов внезапно исчезли. Как будут вести себя пружина и вода? Разумеется, пружина останется на месте, как ни в чем не бывало. Вода же разлетится во все стороны, как лопнувший пузырь. Как вы думаете, почему? Оказывается, причина различного поведения — в различных способах передачи давления твердым телом и жидкостью. Пружина передает давление практически только по своей длине. В воде же давление передается одинаково во все стороны — и вверх, и вниз, и в бок — в соответствии с законом Паскаля. Кстати сказать, аналогичную картину наблюдал и сам Паскаль. Если вы вспомните его классический опыт, то согласитесь, что по своей идее он напоминает только что описанный мысленный эксперимент (именно мысленный — мы ведь его себе только представили). Правда у Паскаля стенки сосуда — бочки — не исчезали, а трескались, и по форме возникающего «фонтана» можно было судить о давлениях в разных частях жидкости.

Теперь легко понять и «действие» пуховой перины. Взбитая перина представляет собой как бы гору маленьких пружин, случайным образом расположенных друг относительно друга. Каждая такая пружинка передает давление по своей длине, но из-за хаотичности расположения пружин сила давления со стороны горошины передается... Но не будем лишать вас радости самостоятельного поиска правильного решения. Скажем лишь, что интуиция принцессы позволяла безошибочно установить любой подвох — пусть он даже исходил от величественных особ, разбиравшихся в физике.

Теперь пришло время ответить на основной вопрос статьи. (Вы его еще не забыли?) В нескольких словах расскажем о том, как делают сыр, точнее — как делают дырки в сыре.

Сначала готовят «тесто» для сыра. Потом полученную массу уплотняют под большим давлением и заполняют ею специальные формы. Образовавшиеся в формах головки сыра вынимают и

помещают в теплые камеры для созревания. В этот период сыр «бродит». Внутри спрессованного «теста» образуется углекислый газ, который накапливается в виде пузырьков. Чем больше углекислого газа, тем сильнее раздуваются пузырьки. (Не забудьте, что на этой стадии внутренняя часть будущего сыра представляет собой сплошную мягкую массу.)

Потом сыр затвердевает, и внутри него как бы запечатлевается картина внутреннего «дыхания» бродящего сыра в виде вкраплений пузырьков углекислого газа. Что же можно сказать о форме образуемых полостей? Вследствие закона Паскаля, давление в пузырьках одинаково передается во все стороны — это во-первых, а во-вторых, «тесто» в этот момент подобно жидкости по своим упругим свойствам. Поэтому пузырьки раздуваются строго сферической формы. Отступление от этого правила будет означать, что в каком-то месте внутри «теста» имеются уплотнения или, наоборот, пустоты. Чем тверже сыр, тем меньше раздувается внутренний пузырек, тем меньше размер дырки. Некоторые сорта сыра перед созреванием не подвергаются обработке высоким давлением, и в них выделение углекислого газа при брожении происходит в уже имеющиеся в «тесте» пустоты, которые, как правило, имеют неправильную форму, — это промежутки, оставшиеся между зернами полуфабриката после спекания «теста» в печи. Такие сыры в разрезе представляют не правильную картину застывших пузырей, а довольно затейливый узор, гармония которого откроется только опытному сыроделу.

Вот видите, сколько нам пришлось задать разных маленьких вопросов, чтобы ответить на один большой — почему у сыра круглые дыры.

— Здорово, Пух, — сказал Кролик.

— Здравствуй, Кролик, — сказал Пух сонно.

— Это ты сам додумался?

— Да, вроде как сам, — отвечал Пух. — Не то чтобы я умел думать, — продолжал он скромно, — ты ведь сам знаешь, но иногда на меня это находит.