

Такой пар я назвал «газ», потому что он почти не отличается от «хаоса» древних.

Ян Баптист ван Гельмонт

...я уже предложил закон, согласно которому молекулы различных газов имеют равную живую силу < кинетическую энергию — А.Л. > поступательного движения.

Рудольф Клаузиус

В качестве исследуемого тела... берется самое простое, а именно газ, заключенный между твердыми, абсолютно упругими стенками, молекулы которого представляют собой жесткие, абсолютно упругие шары...

Людвиг Больцман



А ТАК ЛИ ХОРОШО ЗНАКОМ ВАМ ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ?

Конечно же, вы заметили, что авторы высказываний, стоящих в эпиграфе, так или иначе подступали именно к понятию идеального газа. Между первым высказыванием (голландского естествоиспытателя) и последним (австрийского физика) — путь длиной в два с половиной столетия. Путь, проторенный древними атомистами, но отнюдь не заверченный и сегодня. Путь, вобравший в себя необыкновенно обширную географию профессий и имен. Путь, на который один за другим становились, помимо названных, такие знаменитости, как Ньютон, Гук, Гюйгенс, Лаплас, Лавуазье, Бойль, Д. Бернулли, Джоуль, Максвелл, Перрен, Эйнштейн...

Чем же так притягательна модель идеального газа?

Наверное, прежде всего, возможностью, опираясь на простые исходные представления, построить теорию, имеющую поразительно широкие следствия. Разумеется, и тем, что она проявила огромные резервы абстрактного, модельного мышления, все более завоевывающего сегодня не только научно-технические, но даже и бытовые области. От обычных газов модель «перекинулась» к электронному «газу» в металлах, к описанию излучения, электромагнитных волн и даже... к звуковым колебаниям атомов кристаллов. Все это — свидетельства необычайной универсальности, поставившей модель идеального газа в ряд немногих фундаментальных моделей, с помощью которых создается физическая картина мира.

Итак, представим себе, что нас окружают идеальные газы...

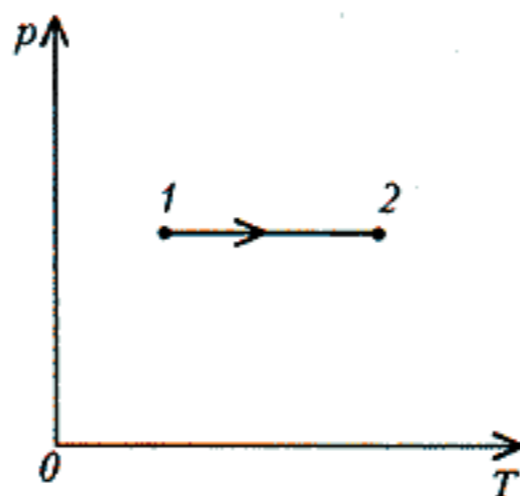
Вопросы и задачи

1. Сила тяжести на Луне меньше, чем на Земле. Почему же на Земле пыль долго удерживается над ее поверхностью, а на Луне она быстро оседает?

2. Одинаковы ли парциальные давления азота в безветренную теплую погоду над участками влажной и сухой почвы?

3. Сколько термодинамических параметров задают состояние конкретного идеального газа определенной массы?

4. Идеальный газ перевели из состояния 1 в состояние 2, как показано на рисунке. Как изменилась плотность газа?



5. Сосуд разделен на две секции пористой перегородкой. В одну секцию вводится водород, в другую — воздух, причем при одинаковых давлениях.

Чем объяснить, что вначале перегородка выгибается в сторону секции с водородом, а спустя какое-то время принимает прежнее положение?

6. Два одинаковых по объему закрытых сосуда заполнены углекислым газом, причем высота первого сосуда в два раза меньше высоты второго. Манометры, установленные наверху сосудов, показывают одно и то же давление p . Что покажут манометры, если сосуды перевернуть?

7. Атмосферное давление обусловлено весом воздуха. Как же поддерживается нормальное давление в кабине космонавта, если воздух в ней невесом?

8. Одинаковые ли давления оказывает воздух на пол и потолок комнаты?

9. Зависит ли давление газа на стенку сосуда от качества обработки стенки?

10. В сосуде находится смесь азота и неона. Одинаковы ли средние кинетические энергии молекул этих газов?

11. Стенки сосуда поддерживаются при различных температурах. Зависит ли давление газа на стенку сосуда от ее температуры?

12. Идеальный газ занимает половину теплоизолированного сосуда, в другой половине которого вакуум. Что произойдет с температурой газа, если мгновенно убрать разделительную перегородку?

13. Цилиндрический теплоизолированный сосуд с идеальным газом подвешен на нити. Нить обрывается, и сосуд падает. Изменится ли температура газа во время падения?

14. Движущийся сосуд, содержащий некоторую массу идеального газа, внезапно останавливается. Что произойдет с давлением газа в сосуде?

15. Увеличивает ли сильный ветер температуру переносимого им воздуха?

Микроопыт

Включите в комнате нагреватель. Согревшись, подумайте, что вы почувствовали: увеличение внутренней энергии воздуха в комнате или возрастание энергии каждой молекулы? Может быть, это одно и то же?

Любопытно, что...

...придуманное Гельмонтом в начале XVII века слово «газ» довольно долго не употреблялось, оно было возрождено знаменитым Лавуазье лишь в конце XVIII века и широко распространилось во времена полетов братьев Монгольфье на первых воздушных шарах.

...универсальная модель «совершенного газа» была предложена в 1842 году французским физиком и химиком Анри Реньо. Термин же «идеальный газ» ввел в 1854 году Клаузиус.

...хотя законы Авогадро и Дальтона имеют вроде бы самостоятельные значения, нетрудно показать, что закон Дальтона является прямым следствием закона Авогадро и оба закона вытекают из молекулярно-кинетической теории идеального газа.

...оценки постоянной Авогадро, сделанные на основе теории идеального газа, уступали по точности вычислениям, опирающимся на модель реального газа, например расчетам Ван-дер-Ваальса.

...молекулярно-кинетическая теория идеального газа приводит к обоснованию экспериментально установленного факта равенства молярных теплоемкостей газов одного типа — скажем, одноатомных или двухатомных.

...многие положения кинетической теории газов долгое время ждали своего опытного подтверждения. Так, лишь в 1911 году французский физик Дюнуайе поставил эксперимент, в котором показал, что молекулы газа беспрепятственно сталкиваются друг с другом, а между столкновениями движутся прямолинейно.

...вывести столь известное теперь уравнение состояния газа (или объединенный газовый закон) Клапейрона побудила работа по «реанимации» труда Сади Карно, незаслуженно оставшегося в тени в течение десяти лет.

...модель идеального газа «работает» и при обсуждении закона осмоти-

ческого давления, установленного в конце прошлого века голландским химиком Вант-Гоффом. Рассчитывая это давление как для газа, состоящего из растворенного вещества, можно понять, например, почему при растворении 20 граммов сахара в литре воды возникает давление, способное уравновесить водяной столб высотой 14 метров.

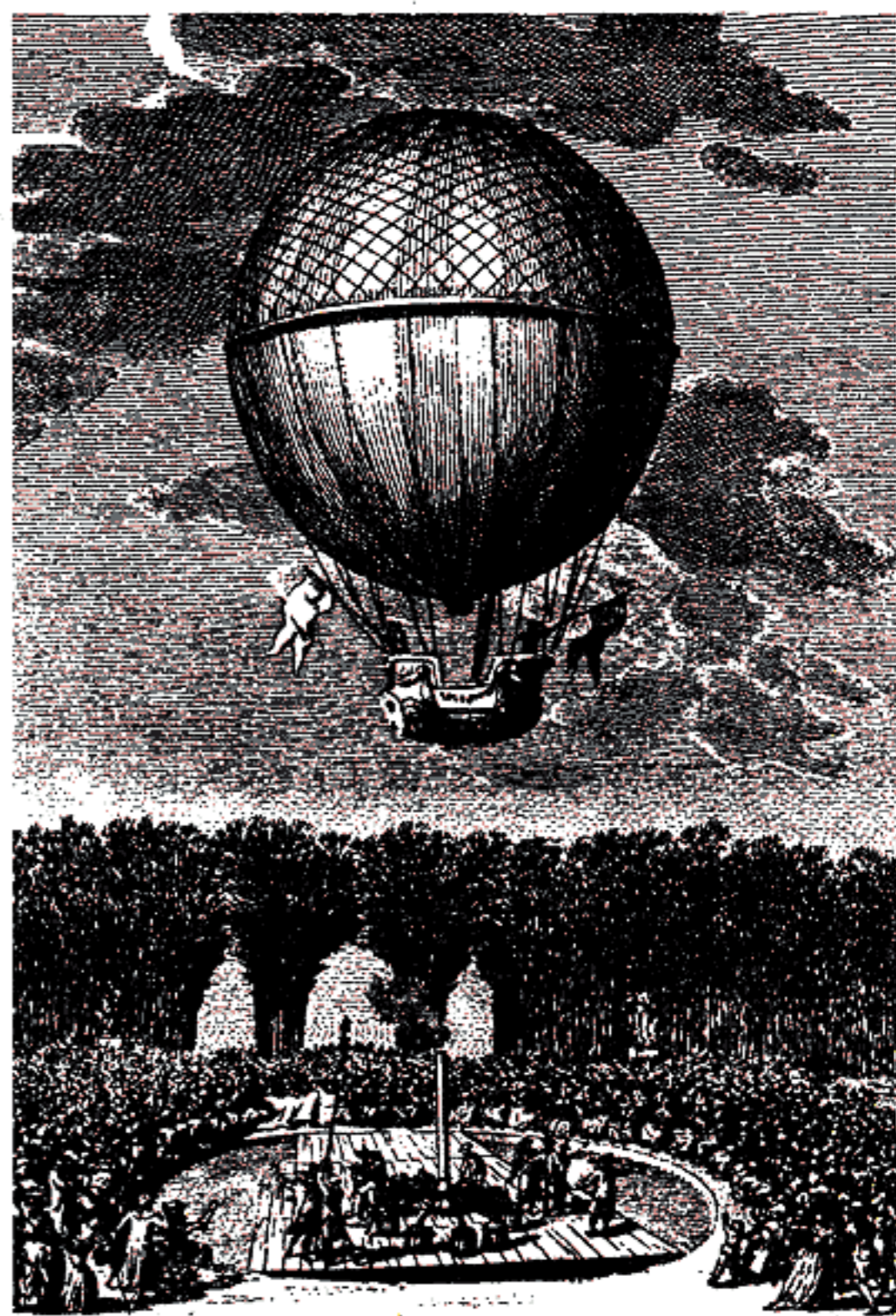
...теория идеального газа позволяет оценить давление и температуру даже внутри звезд. Результаты таких оценок при всей их приближенности весьма близки к полученным строгими расчетами. Так, согласно оценкам, давление газа в недрах Солнца оказывается в миллиарды раз выше нормального атмосферного, а температура там составляет миллионы градусов.

...для комнатных температур модель идеального газа начинает «хромать» уже при плотностях, лишь в 100 раз превышающих плотность газа при нормальных условиях.

...в работах Максвелла по кинетической теории газов впервые в описание физических явлений вошла статистика — иначе было бы невозможно получить общую картину поведения газа как огромного ансамбля частиц.

...газ без столкновений молекул может существовать не только в идеальной модели, но и в действительности. Это так называемый кнудсеновский газ — газ, находящийся при столь низком давлении, что его молекулы сталкиваются только со стенками сосуда. Особые свойства истечения такого газа через малое отверстие используются, например, при разделении изотопов.

...в последнее время идеальный газ стал «действующим лицом» в компьютерном моделировании. Благодаря возможностям ЭВМ, удается наблюдать переход от упорядоченного движения «газа шаров» к хаотическому, выяснить причины возникновения «молекулярного хаоса» — в конечном счете, перейти к описанию явлений



случайных, слабо поддающихся детальному расчетам.

Что читать в «Кванте» об идеальном газе

(публикации последних лет)

1. «Идеальный газ — универсальная физическая модель» — 1991, №9, с.33;
2. «Пока вода испаряется...» — 1991, №11, с.31;
3. «Ах, уж эта влажность» — 1992, №11, с.35;
4. «Расширение газа в пустоту» — 1995, №1, с.37;
5. «Когда кипит вода?» — 1995, №2, с.43;
6. «Кладовые энергии молекулы» — 1995, №5, с.37;
7. «Осмоз и... вечный двигатель» — 1995, №5, с.42;
8. «Аэро- и гидродинамика» — 1996, №3, с.53;
9. «Откуда берутся облака?» — 1996, №5, с.40;
10. «Теплоемкость идеального газа» — 1997, №2, с.45;
11. «Эстафетный бег молекул, или Как работает термос» — 1997, №5, с.31.

Материал подготовил
А.Леоневич