

Рис. 3

ками с третьим центральным атомом (рис.3, 4). Например, это может быть молекула углекислого газа CO_2 , очень важная для работы мощных инфракрасных лазеров. Если такая молекула ни с чем не взаимодействует, ее центр масс движется по прямой линии. Направим ось времени вправо и будем следить за движением ее атомов в системе координат, вращающейся вокруг центра масс, — аналогично тому, как мы рассматривали движение рек, океанских течений и воздушных масс на вращающейся Земле.

Возможны два случая колебаний (как говорят физики, две моды): 1) крайние атомы движутся одновременно по направлению к центру масс или от него, т.е. обе пружинки одновременно сокращаются или удлиняются; 2) крайние атомы движутся одновременно в одну и ту же сторону — тогда одна из пружи-

нок сокращается, а другая удлиняется. Можно показать, что в первом случае (см. рис.3) происходит либо ускорение, либо замедление вращения. Например, при встречном движении атомов к центру на них действуют силы Кориолиса, отклоняющие их вправо (относительно их движения к третьему атому) и, следовательно, ускоряющие вращение. При удалении крайних атомов от центра масс силы Кориолиса тоже отклоняют их вправо, но теперь это приводит к замедлению вращения. Точно так же фигурист на льду вращается быстрее, прижимая руки к телу. (К слову, эти явления связаны и с так называемым законом сохранения момента импульса).

А вот во втором случае наблюдается нечто еще более интересное (см. рис.4). Когда крайние атомы молекулы одновременно движутся в одну сторону, силы Кориолиса тоже отклоняют их вправо, но одна из них стремится ускорить вращение относительно центра масс, а другая — замедлить, в результате молекула изогнется. Через четверть периода колебаний явление повторится, но теперь уже молекула будет изогнута в другую сторону. Значит, колебания атомов во вращающейся молекуле приводят к дополнительным изгибным колебаниям. Но поскольку энергии и, значит, скорости движения колебательного и вращательного движений одного порядка (как уже было сказано), их

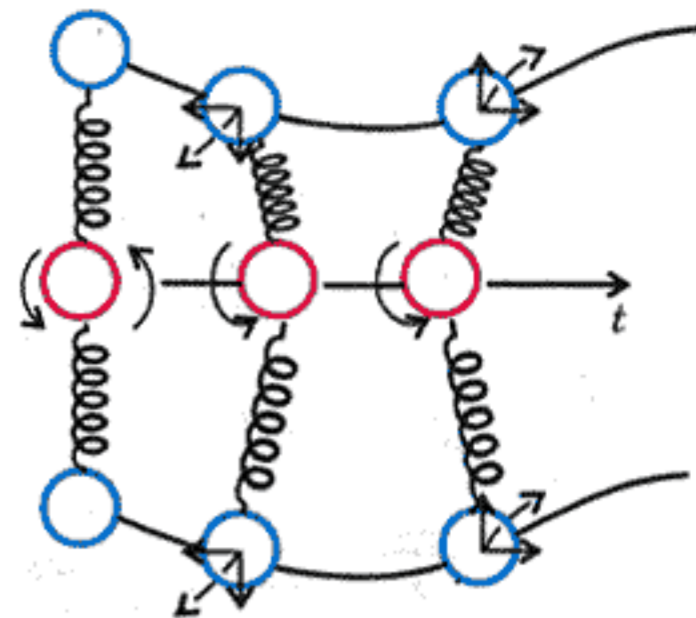


Рис. 4

периоды и частоты могут оказаться близкими друг другу, так что дело пахнет *резонансом*. И поскольку молекулы излучают, все это обязательно скажется на спектре их инфракрасного излучения. Что и наблюдают физики-спектроскописты. (Заметим, что во втором случае колебания крайних атомов и изгибы «пружинок» приведут к тому, что и центральный атом тоже станет как-то перемещаться относительно центра масс, но это не повлияет на рассмотренную нами качественную картину явлений.)

Итак, всюду — даже у рек, тайфунов и молекул — можно найти нечто общее. Ищите да обращайтесь.

Эстафетный бег молекул, или Как работает термос

А. ЧЕРНОУЦАН

КАЖДЫЙ понимает, как устроен термос. Особенно тот, кто хоть раз ронял колбу от термоса на пол, — звук примерно такой же, как от лопнувшей лампочки. И причина та же — и в лампочке, и в колбе давление гораздо ниже атмосферного, поэтому, кроме звона стекла, мы слышим громкий хлопок воздуха.

Если между стенками колбы находится не воздух, а вакуум, то, на первый взгляд, все понятно. Даже воздух довольно плохой проводник тепла — вспомните оконные рамы, — а уж в вакууме-то проводить тепло совсем нечему. (Есть еще один меха-

низм потери энергии горячим телом — излучение, и в чистом вакууме этот механизм не только основной, но и единственный, но мы от него отвлечемся и сосредоточимся на «эффекте термоса».) На самом деле в колбе находится не чистый, а так называемый технический вакуум, т.е. сильно разреженный, но все же воздух. Возникает вопрос — а насколько сильно надо этот воздух откачивать? Ведь чем выше требования к степени разреженности, тем труднее такую колбу сделать.

Постараемся ответить на этот вопрос, но прежде обсудим, как происходит

передача энергии от более горячей стенки к более холодной, если между ними находится разреженный воздух.

Молекулы воздуха, которые ударяются о горячую стенку, приобретают от молекул стенки избыточную энергию. В среднем энергия отлетающих от этой стенки молекул становится равной $\alpha k T_1$, где k — постоянная Больцмана, T_1 — абсолютная температура горячей стенки, а α — коэффициент порядка единицы (для оценок достаточно положить $\alpha = 1$). От холодной стенки молекулы отлетают со средней энергией $\alpha k T_2$, где T_2 — температура холодной стенки. Если бы о холодную стенку ударялись те самые молекулы, которые отлетают от горячей, то за единицу времени от горячей стенки к холодной передавалась бы энергия $\alpha k (T_2 - T_1) Z$, где Z — число молекул, ударяющихся о стенку за одну секунду.

Для оценки этого числа молекул будем для простоты считать, что все моле-

(Окончание см. на с. 34)