

«Точка – точка – огуречик – вот и вышел ...»

Наглядность используется в обучении как сильнейшее средство воздействия на память. Если студент или школьник однажды видел, как от высоковольтного генератора в темноте Центральной физической аудитории физфака МГУ бьют молнии, это он с гарантией никогда не забудет. Учителя физики, которым на курсах показали полет жестяного ведра до потолка Главной физической аудитории МФТИ (если бы потолок его не остановил, оно бы взлетело и выше) тоже этого никогда не забудут, а может быть, и покажут такой же полет своим школьникам на открытом воздухе, чтобы потолок не мешал.

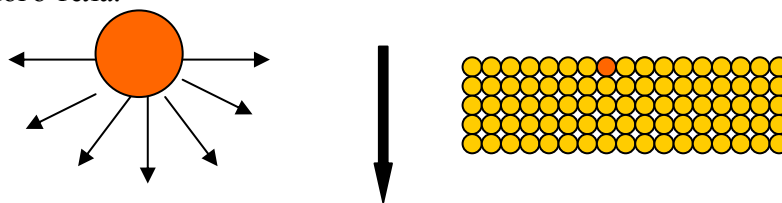
Заменителями таких наглядных пособий или экспериментов выступают рисунки и графики в учебниках и руководствах по физике. Однако авторы не всегда контролируют художников – оформителей, которые вовсе не обязаны хорошо знать физику. Примеров всевозможных нарисованных «ляпов» в учебниках множество. (Не будем уже говорить о текстовых «ляпах» им «нести числа»!) Оставаясь в памяти бывших школьников или студентов, такие, мягко выражаясь, «глупости» не способствуют...

Чему именно «не способствуют» не стоит уточнять, так как читатель может представить себе самые разные ситуации, когда введенный в заблуждение красивой картинкой или рисунком молодой (в лучшем случае) или маститый физик с разгону «попадает в лужу».

Не следует переоценивать вред таких неправильных картинок или рисунков, так как серьезные студенты или школьники сами обнаруживают нарисованные «ляпы» и только посмеиваются над автором, а несерьезные не будут делать погоды в сфере образования (хотя, как знать, как знать!). Однако и недооценка вреда тоже не лучшее решение.

Появившись в изданном большим тиражом учебнике, неправильный рисунок путешествует затем из учебника в учебник из книжки в книжку, поскольку многие авторы учились по «тому самому» источнику. Любой рисунок (не фотография) – это физическая модель, которая может близко (адекватно) описывать то, что описывается, или быть той самой моделью, которая, как говорится, «и рядом не стояла» с реальным положением дел.

Классический пример неправильного (но вечно живого) рисунка есть во многих учебниках. (Чтобы не отдавать приоритета какому-либо из них, не будем приводить копию рисунка!) На нем изображены силы, приложенные к молекуле, находящейся на поверхности конденсированного тела, со стороны других молекул этого же конденсированного тела.

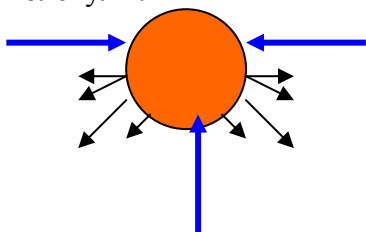


Сумма сил, как легко заметить, не равна нулю. Поэтому в соответствии со вторым законом Ньютона под действием приложенных сил эта выделенная молекула должна двигаться с ускорением. А на самом деле этого не происходит! Молекулы с поверхности никуда «не убегают». Мы, например, имеем возможность любоваться картинами, написанными художниками много лет назад. И на их поверхности находятся те же молекулы, которые были там и в момент создания картины.



«Портрет М. Лопухиной. 1797 г.» - В.Л. Боровиковский

Чтобы модельное описание взаимодействия молекул соответствовало реальному поведению молекул, нужно принять (считать), что ближайšie соседи выделенной молекулы отталкивают её, а притягивают только соседи, удаленные на расстояние, большее, определенной величины. Собственно эта величина и принимается за размер молекулы.



На правильном рисунке синим цветом обозначены силы, с которыми на выделенную молекулу в среднем по времени действуют самые ближайšie (непосредственно контактирующие с ней) соседи. А черным цветом нарисованы силы, действующие на выделенную молекулу со стороны более удаленных молекул.

Вот теперь можно утверждать, что сумма всех сил, действующих на выделенную молекулу, равна нулю.

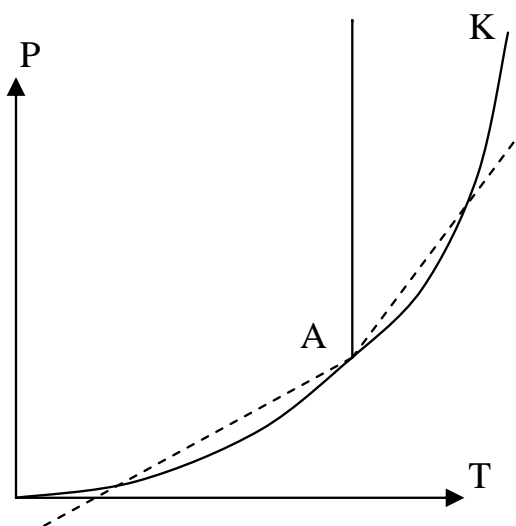
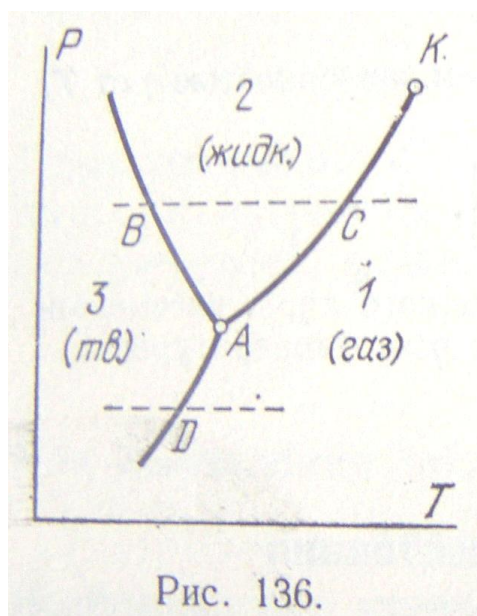
Некоторые нарисованные ляпы не очевидны, являясь так сказать бомбами замедленного действия. Например, в широко используемом учебнике физики для студентов физико-технических специальностей Вузов есть схематическая диаграмма состояний вещества в координатах давление – температура, на которой отмечены тройная «А» и критическая «К» точки. Это Рис. 136. Соотношение между наклонами линий, отделяющих области разных фаз вещества, вблизи тройной точки выбрано художником неправильно. Теплота перехода «q» твердое тело – жидкость для всех веществ в несколько раз меньше теплоты перехода «Q» из конденсированного состояния в пар, однако изменение объема вещества при переходе из конденсированного состояния в пар $V_1 - V_2$ значительно больше, чем при переходе из твердого состояния в жидкое $v_1 - v_2$. Поэтому наклон линии «АВ» вблизи точки «А» должен быть во много раз «круче», чем наклоны линий «DA» и «AC» вблизи

точки «А». Это соответствует уравнению Клапейрона-Клаузиуса, связывающему указанные величины.

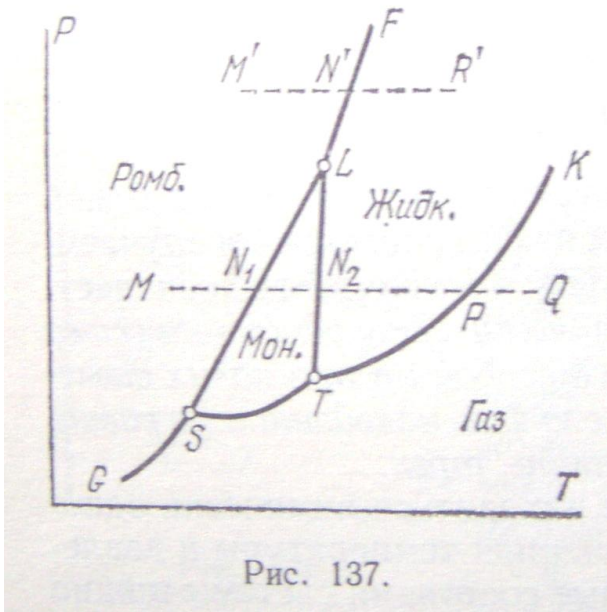
$$\left| \left(\frac{dP}{dT} \right)_{ТТ-Ж} \right| = \left| \frac{q}{T(v_1 - v_2)} \right| \gg \frac{Q}{T(V_1 - V_2)} = \left(\frac{dP}{dT} \right)_{ТТ-Ж-Пар}$$

Для перехода из твердого тела в жидкость в приведенном выше неравенстве мы использовали модуль соответствующего наклона, так как для большинства веществ объем при таком переходе увеличивается, а для некоторых других (меньшинства) уменьшается. Переход твердое тело – пар (газ) соответствует большей теплоте испарения, чем переход жидкость – газ, так как веществом уже получена порция теплоты на переходе твердое тело – жидкость. Поэтому концентрация насыщенного пара (и вместе с ней давление) растет вдоль линии раздела фаз на участке жидкость – пар медленнее, чем на участке твердое тело – пар. Наклон линии «АС» вблизи точки «А» должен быть меньше, чем наклон линии «DA» вблизи точки «А». Это на рисунке отражено правильно, однако отличие этих наклонов (производных) совсем небольшое $\approx \frac{\lambda_{ТТ-П} - \lambda_{Ж-П}}{\lambda_{ТТ-П}}$. Например, для воды эти

наклоны отличаются всего-то примерно на 13 %. И самое главное – касательные к линиям раздела фаз должны пересекать ось «Т», а не ось «Р»! Давление на этих линиях растет быстрее, чем при прямой пропорциональности Р и Т.



Справа от «неправильного» рисунка 136 помещен более **правильный**, хотя может быть, и менее «красивый» рисунок. На нем пунктирными линиями показано отличие наклонов линий раздела фаз вблизи точки «А». Крутизна линии раздела «твердое тело – жидкость» настолько велика, что в **правильном** масштабе на приведенном рисунке она выглядит просто как вертикальная линия. Следует признать, что наглядность и **правильность** рисунков как в квантовой механике связаны соотношением неопределенности. Чем нагляднее и «красивее» выглядит рисунок, тем он, скорее всего, «не**правильнее**». Например, на следующем по номеру рисунке наклон линии раздела фаз на участке «S-T» вблизи точки S (видно невооруженным глазом) выбран художником вообще отрицательным!



Иногда безалаберность авторов, совсем не контролирующих оформителей их книг, приводит к казусам. Для объяснения расширения вещества при нагревании в одном учебнике используется картинка Рис. 9.2:

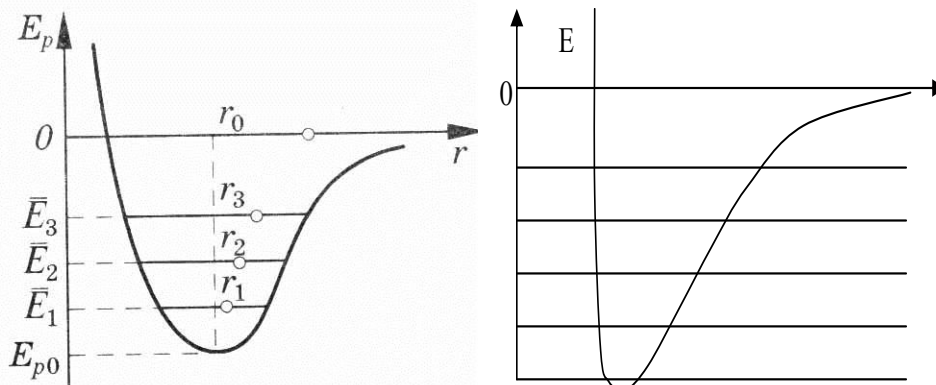
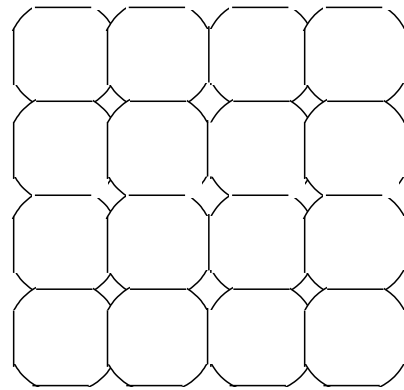
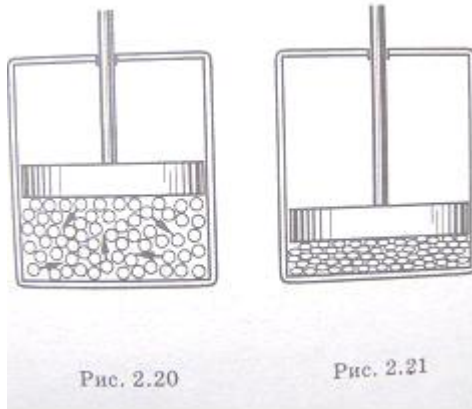


Рис. 9.2

Расстояния r_0 , r_1 , r_2 , r_3 по мысли авторов соответствуют средним значениям расстояния между соседними молекулами при различных средних кинетических энергиях молекул или разных температурах. Но на этом рисунке 9.2 полностью утрачен смысл! Точки с метками r_1 , r_2 , r_3 вовсе не соответствуют серединам отрезков от **правого** до левого края потенциальной ямы.

Снова **справа** от **неправильного** рисунка приведен **правильный**. На нем крутизна левой ветви линии значительно больше, чем крутизна **справа**. Это как раз и позволяет объяснить расширение веществ при росте температуры, если внешнее давление остается постоянным.

Однако в некоторых случаях авторам найти виноватого стрелочника-оформителя не удастся! Они приводят рисунки полностью соответствующие своим коварным замыслам. Вот как рисуют деформированные молекулы жидкости на Рис. 2.21 для объяснения малой сжимаемости жидкостей.



Если уж хочется нарисовать деформированные молекулы в жидкости, то следует учесть, что в жидкости нет анизотропии, поэтому изображать молекулы в виде эллипсов, то есть деформированных кружочков, по меньшей мере, опрометчиво. Справа от **неправильного** рисунка приведен чуть более **правильный**, хотя слово «**правильный**» в этом случае сильно притянута за уши.

Как говорил товарищ Сталин: «Других писателей у меня для Вас нет!»

Что же, дорогие ученики и учителя, делать? Читая книги (бросая камешки в пруд), задумывайтесь над тем, что нарисовано (смотри на круги, ими образуемые), иначе это занятие будет пустой забавой!

С. Варламов

17 июля 2004 г.