

О скачкѣ температуры при теплопроводности на границѣ твердаго тѣла и газа.

П. Лазарева.

Первые опыты, имѣющіе цѣлью выяснитъ зависимость теплопередачи въ газѣ отъ давленія, принадлежать Дюлонгу и Пти¹⁾, причемъ методъ, разработанный ими, надолго сдѣлался классическимъ для такого рода изслѣдованій. Методъ состоялъ въ слѣдующемъ: нагрѣтый сферическій резервуаръ термометра помѣщался въ центрѣ большого концентрическаго латуннаго шара, наполненнаго газомъ и помѣщеннаго въ сосудъ съ водой. Измѣняя давленіе газа, Дюлонгъ и Пти могли наблюдать измѣненіе въ скорости охлажденія нагрѣтаго термометра. Температура термометра достигала въ ихъ опытахъ 350° , вода, окружающая сосудъ съ газомъ, имѣла температуру отъ 0° и до 60° и наблюденіе охлажденія производилось при давленіяхъ отъ 720 мм. ртутнаго столба до 45 мм. и наконецъ при крайнемъ доступномъ въ то время разрѣженіи въ 2—3 мм. Законы охлажденія были представлены Дюлонгомъ и Пти въ видѣ эмпирической формулы, связывающей скорость охлажденія съ давленіемъ. Закономѣрности въ ходѣ охлажденія, открытыя названными изслѣдователями, относились прежде всего къ явленіямъ конвекціи, вліяніе которой, благодаря размѣрамъ приборовъ, было очень значительно и, несмотря на большую точность опытовъ Дюлонга и Пти, реальное значеніе имѣло только то наблюденіе, что скорость охлажденія при малыхъ давленіяхъ (2—3 мм.) разнится отъ скорости при давленіяхъ 720—45 мм. Въ виду практической важности вопроса, опыты Дюлонга и Пти были съ большей тщательностью повторены Провостэ и Дезень²⁾, которые показали, что при

¹⁾ DuLong et Petit. Ann. Ch. Phys. 7 p. 225. 1817.

²⁾ F. de la Provostaye et P. Desains. Ann. Ch. Phys. (3) 16 p. 337. 1846.

разрѣженіи скорость охлажденія вначалѣ падаетъ, затѣмъ при уменьшеніи давленія въ извѣстномъ интервалѣ давленій остается постоянной. Далѣе было показано, что для каждого сосуда имѣется свой опредѣленный интервалъ давленій, при которомъ разрѣженіе не вліяетъ на охлажденіе термометровъ. Первоначальное замедленіе въ охлажденіи, вызванное разрѣженіемъ газа, должно было зависѣть отъ уничтоженія явленій конвекціи.

Развитіе кинетической теоріи газовъ снова выдвинуло вопросъ объ охлажденіи тѣлъ въ разрѣженныхъ газахъ на первый планъ. Особый интересъ представлялъ парадоксальный на первый взглядъ выводъ теоріи о независимости коэффициента теплопроводности газа и связаннаго съ нимъ коэффициента внутренняго тренія газа отъ давленія.

Работы Нарра ¹⁾, Жамена и Ришара ²⁾ и Стефана ³⁾ являются первыми работами въ этомъ направленіи, и эти работы въ общихъ чертахъ подтвердили выводъ теоріи. Руководствуясь тѣмъ соображеніемъ, что при малыхъ давленіяхъ, когда средній путь молекулы соизмѣримъ съ размѣрами сосуда, теорія неприменима и должно ожидать отъ нея отступленій, Кундтъ и Варбургъ ⁴⁾ предприняли детальное изученіе явленій теплопроводности газа по методу Дюлонга и Шти. При этомъ они показали независимость коэффициента теплопроводности отъ давленія, когда средній путь молекулы малъ по сравненію съ размѣрами сосуда и далѣе обнаружили тѣ отступленія, которыхъ можно было ожидать при очень малыхъ давленіяхъ.

Давленія, при которыхъ наступаютъ такіа измѣненія, какъ указано было выше, должны зависѣть отъ размѣровъ сосуда и отъ средней длины свободного пути молекулъ газа и Винкельманъ ⁵⁾ показалъ, что для водорода въ узкихъ сосудахъ (0,314 мм.) достаточно понизить давленіе только до 2 мм., чтобы вызвать уменьшеніе теплопередачи на 25—30%. Газъ въ опытахъ Винкельманна помѣщался въ пространствѣ между двумя металлическими цилиндрами, входившими одинъ въ другой, изъ которыхъ внутренній мѣнялъ свою температуру, а наружный поддерживалъ температуру на постоянной высотѣ. Давленіе въ опытахъ

¹⁾ F. Narr. Pogg. Ann. **142**, p. 123. 1871.

²⁾ Jamin et Richard. C. R. **75**, pp. 105, 454. 1872.

³⁾ M. I. Stefan. Sitzungsber. der Wien. Akad. II **65**, p. 45. 1872.

⁴⁾ A. Kundt und E. Warburg. Pogg. Ann. **156**, p. 177. 1875.

⁵⁾ A. Winkelmann. Pogg. Ann. **156**, p. 497. 1875.

Винкельманна доходило до 1 мм. Въ болѣе широкихъ интервалахъ давленій изслѣдованіе надъ охлажденіемъ термометровъ въ разрѣженныхъ газахъ было произведено К р у к с о мъ ¹⁾, у котораго давленіе доходило до 2 миллионныхъ долей атмосферы, нѣсколько позднѣе Б р ё ш е мъ ²⁾ и почти одновременно съ нимъ Смолуховскимъ ³⁾, которые, примѣняя методъ Кундта и Варбурга, доводили разрѣженіе до крайнихъ предѣловъ, достигаемыхъ ртутнымъ насосомъ. Опыты ихъ въ согласіи со всѣми предыдущими данными обнаружили уменьшеніе теплопередачи съ давленіемъ.

Смолуховскій первый предпринялъ систематическую обработку экспериментальнаго матеріала, чтобы согласовать постоянство коэффициента теплопроводности, требуемое теоріей, съ опытными данными. Слѣдуя Кундту и Варбургу ⁴⁾, Смолуховскій предположилъ, что на границѣ твердаго тѣла и газа при теплопередачѣ можетъ возникать разниа температуръ конечныхъ размѣровъ, зависящая отъ давленія, и, какъ простѣйшее предположеніе, Смолуховскій принялъ, что соотношеніе между температурой твердаго тѣла и газа на границѣ выражается уравненіемъ Пуассона ⁵⁾

$$\gamma' \frac{d\theta'}{dn} = \gamma \frac{d\theta}{dn} = \theta' - \theta, \dots \dots \dots (I)$$

гдѣ γ —коэффициентъ, зависящій отъ давленія, γ' —постоянная величина, θ и θ' —температуры газа и твердаго тѣла, n —нормаль, считаемая отъ поверхности внутрь твердаго тѣла или газа. Хотя Пуассонъ вывелъ свою формулу теоретически, допуская, что въ газѣ имѣются одновременно съ теплопроводностью конвекція и излученіе, вліяніе которыхъ было исключено въ опытахъ Смолуховскаго, однако результаты обработки опытныхъ данныхъ показали, что условіе (I) на поверхности хорошо объясняетъ, при допущеніи постоянства коэффициента теплопроводности k , всѣ тѣ кажущіяся отступленія отъ кинетической теоріи, которыя были наблюдаемы самимъ Смолуховскимъ и его предшественниками ⁶⁾,

¹⁾ W. Crookes. Proc. Roy. Soc. London, **31** p. 239. 1881.

²⁾ C. Brush. Phil. Mag. **45**, p. 31. 1898.

³⁾ M. Smoluchowski. Wied. Ann. **64**, p. 101. 1898.

⁴⁾ A. Kundt und E. Warburg. loc. cit.

⁵⁾ S. D. Poisson. Theorie de la Chaleur. Paris. 1835.

⁶⁾ M. Smoluchowski. Phil. Mag. **46**, p. 192. 1898.