

О СВОЙСТВАХЪ
МЕЛЬЧАЙШИХЪ ЧАСТИЦЪ МАТЕРІИ.

ЧИТАНО ВЪ ПУБЛИЧНОМЪ ЗАСѢДАНІИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ

НАУКЪ 29-го ДЕКАБРЯ 1895 Г.

АДЪЮНКТОМЪ КН. Б. ГОЛИЦЫНЫМЪ.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лпн., № 12.

1896.

№ 2377

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
Февраль 1896 г. Непремѣнный секретарь, Академикъ *Н. Дубровинъ*.

О свойствахъ мельчайшихъ частицъ матеріи,

читано Адъюнктомъ Кн. Б. Голицынымъ въ публичномъ засѣданіи Императорской Академіи Наукъ 29-го Декабря 1895 г.

Ваши Императорскія Высочества,
Ваше Высокопреосвященство,
Милостивыя Государыни и Милостивые Государи!

Въ торжественномъ засѣданіи Императорской Академіи Наукъ 29-го Декабря 1893 года, т. е. ровно два года тому назадъ, бывшій директоръ Николаевской Пулковской Обсерваторіи, ординарный Академикъ *Θ. А. Бредихинъ*, имѣлъ честь дѣлать въ этой же залѣ сообщеніе о физическихъ перемѣнахъ въ небесныхъ тѣлахъ, въ тѣлахъ невообразимо громаднхъ размѣровъ, удаленныхъ отъ насъ на сотни, тысячи и болѣе миллионовъ километровъ. Изученіе какъ движеній этихъ громаднхъ тѣлъ въ пространствѣ, такъ и измѣненій въ ихъ строеніи, яркости, цвѣтѣ и пр., представляетъ собою одну изъ самыхъ любопытныхъ и увлекательныхъ задачъ современной астрономіи.

Но не объ этомъ мнѣ приходится сегодня съ вами бесѣдовать. Позвольте мнѣ пригласить васъ въ совершенно иную область и перенестись мысленно изъ междувѣзднаго пространства съ безчисленнымъ множествомъ движущихся въ немъ свѣтилъ, изъ этой области, такъ сказать, бесконечно-большихъ величинъ, въ область величинъ бесконечно-малыхъ, въ міръ мельчайшихъ частицъ вещества, въ міръ молекулъ. И здѣсь мы можемъ найти много любопытнаго для изученія, много достойнаго вниманія.

Оказывается, что и эти мельчайшія частицы матеріи на подобіе небесныхъ тѣлъ также находятся въ постоянныхъ движеніяхъ.

также испытываютъ разныя измѣненія, и изученій этихъ измѣненій и движеній, равно какъ и тѣхъ законовъ, которые ими управляютъ, составляетъ основную задачу молекулярной физики, задачу тѣмъ болѣе трудную, что здѣсь приходится имѣть дѣло съ міромъ невидимымъ, съ міромъ недоступнымъ никакимъ непосредственнымъ измѣреніямъ, но тѣмъ не менѣе съ міромъ вполне реальнымъ. Съ перваго взгляда можетъ показаться совершенно даже непонятнымъ, какъ можно изучать то, что по своей малости невозможно ни видѣть, ни осязать; однако человѣческій умъ сумѣлъ разными косвенными путями подойти къ рѣшенію вопроса и на основаніи разныхъ смѣлыхъ гипотезъ, оправдываемыхъ дѣйствительными наблюденіями, проникнуть въ этотъ невѣдомый, загадочный міръ мельчайшихъ частицъ матеріи и тѣмъ самымъ приподнять нѣсколько завѣсу надъ самыми сокровенными тайнами мірозданія.

Цѣль моего настоящаго сообщенія и заключается въ томъ, чтобы познакомить васъ въ краткомъ по возможности изложеніи съ новѣйшими успѣхами, достигнутыми въ означенномъ направленіи.

Современная физика учитъ насъ, что всякое вещество, въ какомъ бы оно агрегатномъ состояніи не находилось, состоитъ само изъ огромнаго числа мельчайшихъ частицъ, которымъ и присвоено названіе молекулъ даннаго вещества. Дѣля мысленно какое-нибудь тѣло на все болѣе и болѣе мелкія части, мы дойдемъ наконецъ до самихъ молекулъ, до этихъ послѣднихъ, недѣлимыхъ въ обыкновенномъ смыслѣ слова частицъ. Эта молекулярная теорія строенія вещества есть вмѣстѣ съ тѣмъ единственная теорія, которая способна дать простое и наглядное объясненіе цѣлой совокупности опытныхъ фактовъ, вслѣдствіе чего она и признается въ настоящее время за безспорную научную истину.

Чѣмъ меньше разстояніе между сосѣдними частицами тѣла, тѣмъ плотнѣе должно быть вещество, при чемъ различныя агрегатныя состоянія матеріи, какъ-то: состоянія твердое, жидкое, газообразное обуславливаются непосредственно величиной сред-

няго взаимнаго разстоянія между составляющими тѣло частицами. Свойства всякаго вещества зависятъ также непосредственно отъ свойствъ и особенностей его молекулъ. Всякое внѣшнее проявленіе матеріальнаго міра сопровождается непосредственно соответственными измѣненіями въ положеніяхъ и свойствахъ мельчайшихъ частицъ матеріи.

Такъ какъ по современнымъ воззрѣніямъ теплота есть только особый видъ движенія и именно движенія мельчайшихъ частицъ тѣла, то, если только данное вещество не находится при такъ называемомъ абсолютномъ нулѣ, молекулы его будутъ находиться въ постоянныхъ движеніяхъ. Траекторіи движеній частицъ могутъ быть при этомъ чрезвычайно разнообразны и сложны: частицы могутъ сталкиваться, вслѣдствіе вызываемыхъ при ударѣ упругихъ силъ снова расходиться, собираться въ отдѣльныя группы, обращаться одна около другой и т. п.

Видъ траекторій обуславливается также непосредственно и тѣми силами, которыя дѣйствуютъ между отдѣльными молекулами и которымъ присвоено общее названіе молекулярныхъ силъ. Чѣмъ плотнѣе вещество, чѣмъ скученнѣе частицы, тѣмъ чувствительнѣе будутъ взаимодействія между отдѣльными молекулами, тѣмъ сложнѣе будутъ ихъ движенія. Въ тѣлахъ же газообразныхъ эти мельчайшія частицы находятся по отношенію къ ихъ размѣрамъ въ сравнительно очень большихъ разстояніяхъ, тамъ молекулярныя силы имѣютъ наименьшее дѣйствіе, тамъ и характеръ движеній молекулъ долженъ быть наиболѣе простой.

Спрашивается теперь, какъ же разобраться въ этихъ сложныхъ явленіяхъ, какъ подмѣтить здѣсь какую-нибудь закономерность, когда число частицъ въ самыхъ небольшихъ объемахъ, какъ напр. въ объемѣ одного кубическаго сантиметра, измѣряется, какъ то показываютъ новѣйшія вычисленія, десятками триллионовъ (триллионъ равенъ миллиону въ кубѣ), да къ тому же непосредственно ничего не видно?!

Вопросъ, который мы себѣ такимъ образомъ ставимъ, представляется, какъ видно, необычайно сложнымъ; но будемъ идти послѣдовательно.

Разъ наука признала, что молекулы не представляют собою какую-нибудь фикцію человеческого ума, а что они, напротивъ, имѣютъ вполне реальное, объективное существованіе, зарождается тотчасъ же вопросъ: какими же онѣ обладаютъ свойствами, какія ихъ особенности?

Первое основное свойство всякой матеріи есть протяженность, каковое свойство можно положить даже въ основаніе опредѣленія самого понятія о матеріи. Спрашивается, слѣдовательно, какими размѣрами обладаютъ эти мельчайшія частицы вещества?

Конечно, здѣсь не можетъ быть и рѣчи о какомъ-нибудь точномъ опредѣленіи размѣровъ частицъ въ обыкновенномъ смыслѣ измѣренія какого-нибудь физическаго количества. Намъ важно знать не точные размѣры молекулъ, а лишь только, выражаясь языкомъ математики, *порядокъ* ихъ малости. Дѣйствительные размѣры этихъ мельчайшихъ частицъ матеріи на самомъ дѣлѣ столь малы, что нѣтъ никакой возможности ихъ непосредственно разглядѣть.

Отказавшись же отъ возможности увидѣть непосредственно молекулы, приходится искать разныхъ косвенныхъ путей для опредѣленія ихъ истинныхъ размѣровъ.

Такихъ путей нѣсколько. Одни основываются на разсмотрѣніи свойствъ газообразныхъ тѣлъ, другіе на нѣкоторыхъ электрическихъ и свѣтовыхъ явленіяхъ. Не моя цѣль входить въ описаніе этихъ различныхъ способовъ; это было бы чрезчуръ сложно и отвлекло бы насъ слишкомъ далеко отъ главной темы настоящаго сообщенія. Достаточно будетъ сказать, что почти всѣ различные способы опредѣленія размѣровъ молекулъ приводятъ къ одному и тому же общему результату, а именно, что размѣры молекулъ выражаются приблизительно нѣсколькими сто миллионными долями сантиметра, иначе говоря, на одномъ сантиметрѣ можно мысленно уложить рядомъ около ста миллионовъ отдѣльныхъ молекулъ.

И вотъ въ каждомъ тѣлѣ это, какъ мы видѣли раньше, огромное число мельчайшихъ частицъ находится въ постоянныхъ движеніяхъ. Каковы же эти движенія?

Обратимся для этого къ простѣйшему случаю, именно къ случаю газообразнаго состоянія вещества, когда среднее разстояніе между сосѣдними частицами очень велико въ сравненіи съ размѣрами самихъ молекулъ и гдѣ, слѣдовательно, какъ я уже имѣлъ случай замѣтить, возмущающее дѣйствіе молекулярныхъ силъ наименьшее.

Теорія газообразнаго состоянія вещества разработана въ настоящее время весьма обстоятельно и покоится, благодаря замѣчательнымъ трудамъ Clausius'a, J. Cl. Maxwell'a и многихъ другихъ, на весьма прочномъ фундаментѣ. Замѣтимъ здѣсь кстати, что первыя основанія этой такъ называемой кинетической теоріи газовъ были заложены знаменитымъ членомъ нашей Академіи Наукъ, жившимъ въ прошломъ вѣкѣ, именно Данииломъ Бернулли.

Чѣмъ же характеризуется газообразное состояніе вещества? Каково движеніе частицъ газа?

Въ виду значительнаго разстоянія между отдѣльными частицами, можно, въ первомъ приближеніи, пренебречь дѣйствіемъ молекулярныхъ силъ, и отвлекаясь, въ виду громадности скоростей движенія молекулъ, вліяніемъ силы тяжести, сказать, что движенія частицъ газа должны быть прямолинейныя съ постоянной скоростью. Однѣ частицы могутъ при этомъ двигаться скорѣе, другія — тише, но можно для простоты, слѣдуя приему Clausius'a, разсматривать дѣло такъ, какъ будто всѣ частицы движутся съ нѣкоторой общей, средней, скоростью. Чѣмъ больше теплоты содержится въ тѣлѣ, чѣмъ, слѣдовательно, выше температура, тѣмъ больше должна быть эта средняя скорость поступательнаго движенія. Теорія газовъ даетъ даже возможность непосредственно вычислить эти скорости; онѣ оказываются чрезвычайно большими и зависящими отъ свойствъ самого газа.

Такъ частицы кислорода движутся при 0° Ц. со скоростью 461 метра въ секунду, частицы же водорода со скоростью, доходящей до 1843 метровъ, т. е. почти со скоростью двухъ километровъ въ секунду.

Движенія частицъ газа направлены ко всѣмъ возможнымъ точкамъ пространства; всѣ направленія, такъ сказать, равноправны, и, если

только предоставить газъ самому себѣ, то онъ весь разсѣится въ пространствѣ. Это стремленіе всякаго газообразнаго тѣла къ разсѣиванію есть непосредственное слѣдствіе, вытекающее изъ факта свободнаго отъ вліянія всякихъ силъ движенія его мельчайшихъ частицъ.

Но что же произойдетъ, если мы воспрепятствуемъ газу свободно разсѣиваться въ пространствѣ, если мы его заключимъ въ какомъ-нибудь сосудѣ съ твердыми, непроницаемыми стѣнками?

Частицы газа, достигнувъ при своихъ прямолинейныхъ перемѣщеніяхъ до стѣнокъ заключающаго газъ сосуда и встрѣтивъ препятствіе къ своему дальнѣйшему распространенію, ударятся о встрѣченную преграду и отразятся назадъ. Каждый элементъ стѣнки будетъ такимъ образомъ испытывать рядъ толчковъ, рядъ ударовъ, и эта совокупность ударовъ представляетъ намъ не что иное, какъ то, что мы называемъ давленіемъ газа. Итакъ, давленіе всякаго газа обуславливается непосредственно ударами движущихся частицъ. Мы получаемъ такимъ образомъ ясное, наглядное, чисто-механическое представленіе о сущности давленія газообразныхъ тѣлъ. Чѣмъ выше температура, чѣмъ, слѣдовательно, больше поступательная скорость движенія частицъ, тѣмъ сильнѣе будутъ удары, тѣмъ значительнѣе должно быть и давленіе газа. Чѣмъ меньше объемъ газа, тѣмъ большее число частицъ приходится на каждый элементъ поверхности и тѣмъ чаще будутъ происходить удары, т. е. опять-таки тѣмъ больше будетъ давленіе. При этомъ можно строго математически показать, что, во сколько разъ уменьшится объемъ газа, во столько же разъ должно возрасти и его давленіе. Этотъ законъ, что давленіе газа обратно пропорціонально занимаемому имъ объему, носитъ названіе закона Маріотта, и мы видимъ такимъ образомъ, что этотъ опытнымъ путемъ установленный законъ есть простое и необходимое слѣдствіе факта свободнаго движенія мельчайшихъ частицъ газа.

Но не только такое сравнительно простое явленіе, какъ явленіе давленія газа, получаетъ на почвѣ кинетической теоріи такое простое физическое истолкованіе. Есть рядъ другихъ болѣе сложныхъ явленій, наблюдаемыхъ въ газообразныхъ тѣлахъ, ко-

торымъ кинетическая теорія также даетъ весьма простое освѣщеніе. Укажу на явленія тренія, диффузіи и теплопроводности, явленія довольно сложные, но которыя непосредственно обуславливаются движеніями мельчайшихъ частицъ газа. Въ разборъ этихъ явленій мнѣ здѣсь входить не приходится, замѣчу лишь только, что явленія тренія сопровождаются обмѣномъ между различными частями газа количествъ движенія, явленія диффузіи обмѣномъ матеріальныхъ массъ, явленія же теплопроводности обмѣномъ кинетической энергіи.

Изъ вышесказаннаго видно, что цѣлая группа самыхъ разнообразныхъ явленій, установленныхъ на прочной, незыблемой почвѣ путемъ непосредственныхъ наблюденій, выводится, какъ необходимое слѣдствіе кинетической теоріи газовъ, иначе говоря, вышесказанная теорія получаетъ блистательное опытное подтвержденіе.

Но изъ этого не слѣдуетъ однако предполагать, что кинетическая теорія газовъ завоевала себѣ подобающее ей мѣсто безъ борьбы. Противъ этой теоріи были воздвигаемы возраженія, и возраженія, кажущіяся съ перваго взгляда весьма даже существенными; но кинетическая теорія сумѣла ихъ всѣхъ устранить и основаться въ концѣ концовъ на прочномъ научномъ фундаментѣ. Въ этомъ-то и заключается сила всякой хорошей теоріи, которая умѣетъ торжествовать надъ дѣлаемыми ей возраженіями и пользоваться даже самими этими выраженіями, чтобы укрѣпиться на еще болѣе прочныхъ основахъ.

Такъ случилось, напримѣръ, въ астрономіи съ вопросомъ о всемірномъ тяготѣніи.

Когда въ движеніяхъ планеты Уранъ были замѣчены нѣкоторыя неправильности, то многіе могли невольно усумниться въ истинности самого закона тяготѣнія Ньютона, управляющаго движеніями небесныхъ тѣлъ. Другіе же разсуждали иначе. Законъ тяготѣнія долженъ быть вѣренъ, а потому, если въ движеніяхъ Урана и замѣчаются необъяснимыя неправильности, то эти неравенства должны непременно обуславливаться присутствіемъ на небѣ другого, невидимаго тѣла. На основаніи этихъ наблюдаемыхъ возмущеній можно было вычислить приблизительное мѣсто нахож-