

НЯВЯ Г. В. Голыцына.

виз. Лаборат. Академ. Наукъ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗСЛѢДОВАНИЕ
№ 217/d

ПОНДЕРОМОТОРНАГО

ДѢЙСТВІЯ ВОЛНЪ НА РЕЗОНАТОРЫ.

Петра Лебедева,

приватъ-доцента Императорскаго Московскаго Унивѣрситета.



МОСКВА.

Типо-литографія Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о. Пименовская ул., соб. д.

1899.

ЮННАЯ Т. П. ГОЛИЦЫНА.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
Физич. лаборатор. Академ. Наук.

№ 274/4

ПОНДЕРОМОТОРНАГО

Толщина

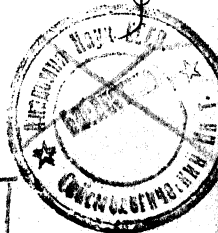
ДѢЙСТВІЯ ВОЛНЪ

НА РЕЗОНАТОРЫ.

Петра Лебедева,

приватъ-доцента Императорскаго Московскаго Университета

Пр. 1969 г.



БИБЛИОТЕКА
Геофизического Института
АН СССР



МОСКВА.

Типо-литографія Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о, Пименовская ул., соб. д.
1899.

Дозволено цензурою. Москва, 24 марта 1899 г.

ВВЕДЕНИЕ.

Геніальныя работы Гертца открыли изслѣдованію не-
обозримую область явленій, указавъ приемы получать и
наблюдать электромагнитныя волны разной длины. Гертцъ
показалъ, что эти волны по своей физической природѣ
тождественны съ волнами видимаго свѣта: все ученіе о
свѣтѣ (о лучистой энергіи) является намъ теперь не не-
зависимымъ отдѣломъ физики, а представляетъ собою
лишь главу въ ученіи объ электрическихъ колебаніяхъ.
Обширная литература послѣднихъ десяти лѣтъ свидѣтель-
ствуетъ намъ, какъ разнообразно были изслѣдованы явле-
нія электрическихъ колебаній, причемъ одни изслѣдова-
тели (*Righi, Garbasso, Lodge* и друг.) занялись изученіемъ
распространенія этихъ колебаній въ средѣ и пользуясь
достаточно короткими волнами, прослѣдили и установили
тождество между электромагнитными и оптическими яв-
леніями въ самыхъ разнообразныхъ случаяхъ, тогда какъ
другіе изслѣдователи (*Cohn, Drude, Bjerknes, Birkeland*
и друг.) обратились къ изслѣдованію электромагнитныхъ
свойствъ и особенностей среды, въ которой распростра-
няются эти колебанія.

Въ изслѣдованіи Гертца, въ интерпретаціи свѣтовыхъ
колебаній какъ электромагнитныхъ процессовъ, скрыта

еще и другая, до сихъ поръ не затронутая задача—задача объ *источникахъ лучеиспусканія*, о тѣхъ процессахъ, которые совершаются въ молекулярномъ вибраторѣ, въ то время, когда онъ отдаетъ свѣтовую энергію въ окружающее пространство; такая задача ведетъ насъ съ одной стороны въ область *спектральнаго анализа*, а съ другой какъ бы совершенно неожиданно приводитъ къ одному изъ наиболѣе сложныхъ вопросовъ современной физики, къ ученію о *молекулярныхъ силахъ*. Послѣднее обстоятельство вытекаетъ изъ слѣдующихъ соображеній: становясь на точку зрѣнія электромагнитной теоріи свѣта, мы *должны утверждать*, что между двумя лучеиспускающими молекулами, какъ между двумя вибраторами, въ которыхъ возбуждены электромагнитныя колебанія, *существуютъ ponderomotorныя силы*: онѣ обусловлены электродинамическими взаимодействіями переменныхъ электрическихъ токовъ въ молекулахъ (по законамъ Ампера) или переменныхъ зарядовъ въ нихъ (по законамъ Кулона),—мы, слѣдовательно, должны утверждать, что между молекулами въ этомъ случаѣ существуютъ *молекулярныя силы*, причина которыхъ неразрывно связана съ процессами лучеиспусканія.

Наибольшій интересъ и наибольшую трудность по своей сложности представляетъ собой случай, имѣющій мѣсто въ физическомъ тѣлѣ, въ которомъ одновременно дѣйствуютъ другъ на друга много молекулъ, причемъ колебанія этихъ послѣднихъ, благодаря ихъ близкому сосѣдству, не независимы другъ отъ друга. Если когда нибудь явится возможность вполне рѣшить этотъ вопросъ, то, пользуясь данными спектральнаго анализа, мы можемъ заранѣе предвычислить величины интермолекулярныхъ силъ,

обусловленныхъ взаимнымъ лучеиспусканіемъ молекулъ, указать законы зависимости ихъ отъ температуры и, сравнивая эти вычисленныя величины съ наблюдаемыми на опытѣ, рѣшить коренной вопросъ молекулярной физики: сводятся ли всѣ такъ называемыя «молекулярныя силы» къ заранѣе извѣстному и указанному выше пондеромоторному дѣйствию лучеиспусканія, электромагнитнымъ силамъ, или въ составъ ихъ входятъ еще и другія силы неизвѣстнаго до сихъ поръ происхожденія. Предвидѣть результаты подобнаго изслѣдованія, а тѣмъ болѣе утверждать, что всѣ молекулярныя силы обусловлены исключительно указанными электромагнитными силами, мы въ настоящее время не имѣемъ никакихъ основаній, но мы не можемъ не указать на характерныя особенности ихъ: эти силы не зависятъ отъ массъ молекулъ, они связаны съ индивидуальными (спектральными) свойствами ихъ и, кромѣ того, въ сильной степени зависятъ отъ температуры, т.-е. обладаютъ именно тѣми свойствами, которыя мы приписываемъ молекулярнымъ силамъ въ явленіяхъ сдѣпленія, растворенія или химическихъ реакцій. Вопросы, здѣсь затронутые, какъ казалось мнѣ, представляютъ большой интересъ, почему я и взялся за ихъ изученіе.

Уже на первыхъ порахъ развитіе вышеизложенныхъ представленій привело къ любопытному результату. Стараюсь доказать существованіе механическаго (пондеромоторнаго) дѣйствія свѣтовыхъ колебаній на отдѣльныя молекулы, я обратился къ тому случаю, гдѣ условія этого дѣйствія представляютъ наибольшую простоту и доступны непосредственному наблюденію: въ такихъ условіяхъ находится разрѣженный газъ кометныхъ хвостовъ, пронизываемый лучами солнца. Чтобъ объяснить наблюдае-

мую въ этихъ случаяхъ *отталкивательную силу* солнца, я воспользовался такимъ соображеніемъ: на основаніи выводовъ *Maxwell'a* и *Bartoli* относительно величины свѣтового давленія, мнѣ удалось показать ¹⁾, что ньютонское притяженіе солнца ослабляется отталкивательной силой его лучеиспусканія, причѣмъ для тѣлъ малой массы, для микроскопическихъ пылинокъ отталкивательная сила начинаетъ преобладать. Естественно поэтому предположить, что и наблюдаемое отталкиваніе отдѣльныхъ молекулъ кометныхъ хвостовъ обусловливается пондеромоторнымъ дѣйствіемъ свѣта; гипотеза *Цельнера* объ электризаціи солнца и кометныхъ газовъ, которая появилась только для объясненія наблюдаемаго отталкиванія и заставляетъ предполагать какіе-то особыя, до сихъ поръ неизвѣстные намъ въ лабораторіи процессы электризаціи газовъ,—гипотеза эта при указанномъ выше свойствѣ свѣтовыхъ лучей дѣлается излишнею; въ своей академической рѣчи «О физическихъ перемѣнахъ въ небесныхъ тѣлахъ», *Θ. А. Бредихинъ* ²⁾ обращаетъ вниманіе на данное мною объясненіе отталкиванія кометныхъ хвостовъ солнцемъ.

Переходя отъ свѣтовыхъ силъ, дѣйствующихъ въ межпланетномъ пространствѣ, къ тѣмъ же силамъ въ интермолекулярныхъ областяхъ, приходится наиболѣе интересную общую задачу о пондеромоторномъ воздѣйствіи многихъ близкихъ другъ отъ друга и притомъ непрерывно перемѣщающихся молекулъ, разбить на рядъ отдѣльныхъ,

¹⁾ *П. Лебедевъ*. Труды Физ. Отд. О. Л. Е. А. Э. IV. 1891; Wied. Ann. 45, 1892; Philos. Mag. (5) 33. 1892.

²⁾ *Θ. А. Бредихинъ* „О физическихъ перемѣнахъ въ небесныхъ тѣлахъ“. Акад. рѣчь. Спб. 1893.

по возможности простыхъ вопросовъ, для того, чтобы подготовить путь къ рѣшенію общаго случая.

Простѣйшею и ближайшею задачею естественно представляется вопросъ о дѣйствіи простой (монохроматической) волны на отдѣльную покоящуюся молекулу, въ зависимости отъ отношенія періодовъ падающей волны и собственного періода молекулы. Рѣшенію этой задачи и были посвящены мои работы.

Непосредственно и притомъ въ достаточно простой формѣ экспериментально изслѣдовать дѣйствіе свѣта на отдѣльныя молекулы какого-либо тѣла не представляется возможности, а потому я обратился къ опытамъ съ длинными электромагнитными волнами Гертца, заставляя ихъ дѣйствовать на схематическую «молекулу», которая обладаетъ интересующими насъ свойствами имѣть собственный періодъ колебанія—ею является подвѣшенный на крутильной нити резонаторъ (см. гл. I). Измѣняя по желанію періодъ колебанія резонатора (что не представляетъ какихъ-либо затрудненій) и заставляя падать на него электромагнитную волну опредѣленной длины, мы можемъ наблюдать образующіяся въ этомъ случаѣ пондеромоторныя силы и установить законы ихъ зависимости отъ резонанса ¹⁾).

Дальнѣйшему ходу изслѣдованія представлялось два пути: или оставаясь на почвѣ электромагнитной теоріи свѣта, пользуясь для опытовъ электромагнитными волнами, изслѣдовать законы совмѣстныхъ колебаній двухъ, а затѣмъ и нѣсколькихъ сопряженныхъ системъ, имѣющихъ собственные періоды колебаній—вопросъ въ настоящее время обстоятельно разработанный въ статьяхъ князя Б. Го-

1) *P. Lebedew. Wied. Ann. 52, p. 621. 1894.*

мцина, *Oberbeck*'а и *Wien*'а — для того, чтобы потомъ обратиться къ изученію дѣйствующихъ между указанными системами электромагнитныхъ «интермолекулярныхъ» силъ, или другой путь, по которому все изслѣдованіе, такъ какъ оно было сдѣлано для электромагнитныхъ колебаній, распространяется на *разнаго рода колебанія*. Уже приступая къ первой работѣ, я имѣлъ въ виду вести ее по этому второму пути—и вотъ почему: останавливаясь только на изслѣдованіи электромагнитныхъ волнъ, мы тѣмъ самымъ ограничиваемъ и кругъ примѣненія найденныхъ нами законовъ такими системами, которыя не представляютъ существеннаго отличія отъ нашихъ металлических резонаторовъ съ опредѣленными емкостями и кругами самоиндукціи, но съ которыми отождествлять дѣйствительныя молекулы мы не имѣемъ основанія; перенося изслѣдованіе на колебанія отличныя по своей физической природѣ и находя связь между законами ихъ пондеромоторнаго дѣйствія на резонаторы, мы тѣмъ самымъ расширяемъ приложимость найденныхъ законовъ и на тѣ случаи, въ которыхъ какъ механизмъ самаго колебанія, такъ и механизмъ воспринимающаго его резонатора можетъ остаться неизвѣстнымъ

Отъ электромагнитныхъ волнъ я перешелъ къ изслѣдованію гидродинамическихъ колебаній, распространяя извѣстныя работы *Bjerknes*'а, изучившаго пондеромоторныя силы при независимыхъ движеніяхъ, на явленія калebleмага резонатора. Въ своихъ работахъ *Bjerknes*, отыскивая аналогію между статическими явленіями электричества и магнетизма съ одной стороны и гидродинамическими колебаніями съ другой находить ее не прямою, а обратною; вотъ почему особый интересъ представляетъ собою

найденный мною фактъ, что при сравненіи электрических колебаній съ колебаніями гидродинамическими эта аналогія оказывается полною и прямою ¹⁾ (см. гл. II).

Послѣ этихъ работъ я перешелъ къ изученію звуковыхъ колебаній: тутъ представлялась возможность экспериментально изслѣдовать дѣйствіе звучащаго источника не только на резонаторъ находящійся въ непосредственномъ сосѣдствѣ его, но и прослѣдить это дѣйствіе при значительныхъ разстояніяхъ перваго отъ послѣдняго. Здѣсь открывалась одна особенность явленія, которая представлялась для меня совершенно неожиданною: въ то время, какъ въ непосредственной близи отъ источника законъ пондеромоторнаго дѣйствія акустической волны на ея резонаторъ тождественъ съ соотвѣтствующимъ закономъ для электромагнитныхъ, а также и для гидродинамическихъ колебаній, при постоянномъ увеличеніи разстоянія это тождество постепенно ступевывается и его мѣсто занимаетъ новый законъ, совершенно отличный отъ предыдущаго: такъ, при малыхъ разстояніяхъ наблюдается вблизи резонанса при переходѣ черезъ него измѣненіе отъ максимальнаго притяженія черезъ ноль (при полномъ резонансѣ) къ максимальному отталкиванію резонатора источникомъ, тогда какъ при увеличеніи разстоянія отъ послѣдняго притяженіе, понемногу сглаживаясь, наконецъ совершенно исчезаетъ и его мѣсто заступаетъ отталкиваніе (наибольшая величина котораго при полномъ резонансѣ) (см. гл. III) ²⁾. Долгое время эта особенность, это отличіе отъ электромагнитныхъ колебаній смущали меня, покуда мнѣ не удалось показать теоретически, на

1) *P. Lebedew. Wied. Ann. 59, p. 116. 1896.*

2) *P. Lebedew. Wied. Ann. 62, p. 158. 1897.*

основаніи особенностей распредѣленія поляризаціи среды въ проходящей волнѣ, что такой случай *долженъ имѣть мѣсто* и для электромагнитныхъ волнъ ¹⁾ въ томъ случаѣ, если разстоянія между источникомъ и резонаторомъ будутъ достаточно велики; въ природѣ подобное явленіе (въ болѣе сложной формѣ) представляетъ собою отталкивательное дѣйствіе солнечныхъ лучей на газовыя молекулы кометныхъ хвостовъ.

Перечисленныя работы ведутъ къ тому интересному и новому результату, что, несмотря на все различіе, которое представляютъ собою по своей физической природѣ, колебанія электромагнитныя, гидродинамическія и акустическія, законы пондеромоторнаго дѣйствія ихъ на соотвѣтствующіе резонаторы *тождественны*; это указываетъ намъ на вѣроятность, что элементарные законы нами найденные общи для всѣхъ возможныхъ (и еще не изслѣдованныхъ нами) колебаній, и ихъ обоснованіе надо искать въ причинахъ не зависящихъ отъ особенностей дѣйствующаго колебанія и возбуждаемаго имъ резонатора.

Подводя итоги всему вышесказанному мы видимъ, что электромагнитная гипотеза свѣта приводитъ насъ къ необходимости признавать свѣтовые интермолекулярныя силы, а дальнѣйшее изученіе вопроса освобождаетъ насъ отъ этой гипотезы: оно показываетъ намъ, что существованіе подобныхъ силъ мы должны допустить совершенно независимо отъ той или другой гипотезы относительно физической природы свѣтовыхъ колебаній.

Передъ нами открыто широкое поле, на основаніи полученныхъ результатовъ изучать болѣе сложные вопросы и

¹⁾ P. Lebedew. Wied. Ann. 62, p. 170. 1897.

пользуясь непосредственнымъ опытомъ повѣрять на немъ наши соображенія или изслѣдовать новыя, можетъ быть неожиданныя особенности интересующихъ насъ пондеромоторныхъ силъ; осторожно и увѣренно двигаясь по этому пути мы можемъ приготовить и рѣшеніе нашей главной задачи: пользуясь данными спектральнаго анализа вычислить абсолютную величину силъ взаимодействія молекулъ какого-нибудь тѣла, обусловленную ихъ взаимнымъ лучеиспусканіемъ.

