

АЛЕКСЕЙ ИОСИФОВИЧ БАЧИНСКИЙ
(1877 — 1944)

М. П. Воларович

31 июля 1944 г. в Москве умер выдающийся русский физик Алексей Иосифович Бачинский, профессор Московского государственного университета, широко известный как в СССР, так и за границей своими трудами в области молекулярной физики и термодинамики.

А. И. Бачинский родился 21 марта (старого стиля) 1877 г. в г. Холме, бывш. Люблинской губ. в семье учителя математики, украинца, переселившегося в Россию из Австро-Венгрии, где славяне в то время подвергались преследованиям австрийского правительства. С 1886 г. он обучался в холмской гимназии, которую и окончил в 1895 г. В том же году он приехал в Москву и поступил на математическое отделение физико-математического факультета Московского университета. В то время курсы физики там читали выдающиеся русские учёные: Александр Григорьевич Столетов по экспериментальной физике и Николай Александрович Умов по теоретической физике. Вокруг них сгруппировалась талантливая молодежь. А. Г. Столетовым была организована первая физическая лаборатория Московского университета, в которой с 1891 г. работал П. Н. Лебедев.

Лекции А. Г. Столетова и Н. А. Умова произвели на А. И. большое впечатление, и общение с крупнейшими московскими физиками определило его дальнейшую деятельность. Он избрал своей специальностью физику и решил заниматься научной и педагогической работой, которой и посвятил всю свою жизнь.

По окончании университета в 1899 г. А. И. был оставлен при кафедре физики для подготовки к профессорскому званию (и уже в 1900 г. были напечатаны в Трудах Общества Любителей Естествознания две его первые научные работы. Одна из них под названием «К динамической теории электричества», связанная с интерпретацией опытов Максвелла, была посвящена изысканию наиболее выгодных условий постановки дальнейших опытов по обнаружению инерции электрических зарядов (явление, позднее установленное экспериментально Толменом). В другой статье рассматривался вопрос о зависимости вязкости ртути от температуры.

В 1907 г. А. И. был утверждён приват-доцентом Московского университета. В 1918 г. он состоял профессором физики в Московском университете и в продолжении ряда лет читал специальные курсы термодинамики, статистической физики и некоторые другие разделы физики для студентов старших курсов. В 1930 г. А. И. в результате тяжёлой болезни потерял зрение и должен был прекратить педагогическую работу. Однако научную работу с помощью своей дочери О. А. Бачинской он продолжал до конца своей жизни.

В ближайшие годы после окончания А. И. Бачинским университета определились те две области физики, в которых сосредоточилась его последующая научная деятельность: молекулярная физика и учение о термодинамических свойствах вещества.

Вопросы молекулярной физики в конце девятнадцатого столетия привлекали весьма большое внимание физиков. В то время кинетическая теория газов получила блестящее развитие в известных трудах Максвелла, Больцмана, Клаузиуса и других учёных. Молекулярная же теория жидкостей была в то время очень мало разработана, да и эмпирические закономерности жидкого состояния вещества ещё почти не были изучены. А. И. Бачинского заинтересовала эта мало исследованная область физики. Много трудов он посвятил изучению природы жидкого состояния вещества. Установленные им очень простые закономерности, с большой точностью подтверждающиеся опытными данными, до сих пор имеют основное значение в соответствующих разделах молекулярной физики. Область физики, избранная А. И. Бачинским для своих исследований, является весьма трудной для разработки. Это следует, например, из того, что молекулярно-кинетическая теория жидкого состояния вещества до последнего времени сравнительно мало продвинулась вперёд, в то время как атомная теория кристаллического твёрдого тела уже вначале текущего столетия, как известно, сделала весьма большие успехи.

Невозможно в журнальной статье изложить подробно результаты всех научных трудов А. И., число которых превышает 60. Однако, прежде чем перейти к рассмотрению главнейших работ его по вопросам вязкости жидкостей, следует кратко остановиться на других исследованиях по молекулярной физике жидкостей, которые тесно переплетаются с работами его по термодинамике. Содержание и значение их подробно охарактеризовано в докладах П. А. Ребиндера¹ и К. А. Путилова² на заседании, посвящённом двадцатипятилетию закона вязкости Бачинского. На основании большого экспериментального материала А. И. установил, что поверхностное натяжение жидкостей σ с большой степенью точности пропорционально четвёртой степени разности плотностей жидкости (Δ) и её насыщенного пара (δ), а именно:

$$\sigma = C(\Delta - \delta)^4, \quad (1)$$

где C — коэффициент пропорциональности. Следует напомнить, что

Лаплас предлагал аналогичное уравнение с показателем степени 2, а Ван-дер-Ваальс — с показателем степени 3. Для температур, удалённых от критической точки, δ весьма мало по сравнению с Δ , и вместо формулы (1) можно, по Бачинскому, написать:

$$\sigma = \frac{C}{v^2}, \quad (2)$$

где v — удельный объём жидкости.

Из этой формулы непосредственно получается уравнение для парахора P ,

$$P = \sigma^{\frac{1}{2}} v, \quad (3)$$

которое Сегден и другие авторы применяли для изучения характера связи в химических соединениях и для решения ряда структурных вопросов.

В конце девятнадцатого века и в начале текущего столетия большое внимание в физике уделяли составлению уравнения состояния вещества, которое охватывало бы с достаточной точностью область газов и жидкостей. В связи с этим А. И. поставил своей целью уточнить уравнение Ван-дер-Ваальса, которое, как известно, выражая правильно качественную сторону явления, в то же время количественно оказывается мало удовлетворительным для реальных веществ. Проанализировав большое число работ, в которых было предложено несколько десятков различных уравнений состояния вещества, и обработав ряд экспериментальных данных, главным образом Юнга, А. И. предложил следующее уравнение состояния:

$$pvV = \alpha T - \beta + \gamma \sqrt{V T_{кр} - T}, \quad (4)$$

где p — давление, v — объём жидкости, V — объём насыщенного пара, T — абсолютная температура, $T_{кр}$ — критическая температура, α , β и γ — постоянные. С этим уравнением связан «закон парабол» Бачинского (в определённой системе координат уравнение (4) даёт на графиках параболы), который оправдывается на опыте в широком интервале температур с точностью до 0,5%.¹⁰

В связи с исследованиями уравнения состояния А. И. ввёл новое понятие об ортометрической плотности вещества, соответствующей той точке на диаграмме состояния, где изотерма Ван-дер-Ваальса пересекает изотерму идеального газа. Он показал, что ортометрическая плотность уменьшается с температурой по линейному закону. Введение понятия об ортометрическом состоянии вещества позволило А. И. в ряде случаев получить хорошее согласие опытных данных с уравнением Ван-дер-Ваальса.

К вопросу об уравнении состояния А. И. возвращался неоднократно в течение своей научной деятельности. Так, после появления выдающихся работ Бриджмена³ по сжимаемости вещества при вы-

соких давлениях до $12\,000 \text{ кг/см}^2$ А. И., будучи уже больным после потери зрения, взялся за разрешение весьма трудной задачи установления уравнения состояния для области высоких давлений. При этом ему удалось получить очень простое уравнение изотермы, а именно:

$$p + K = \frac{L}{vT}, \quad (5)$$

которое с большой степенью точности удовлетворяет экспериментам Бриджмена (K и L — постоянные для данной температуры).

Большой интерес представляют работы А. И. Бачинского, посвященные вопросу об аддитивности молярных объемов. Он первый начал применять при вычислениях величины b в уравнении Ван-дер-Ваальса, молярных объемов в точке кипения и аналогичных констант вещества вместо атомных инкрементов — инкременты связи. Для жирных, а также для ароматических углеводородов А. И. показал, что объем, приходящийся на одну связь (C—H или C—C), со значительной точностью одинаков, и соответствующий инкремент равен 7,37. Это же число получилось для аналогичных связей у галлоидных произвольных углеводородов, тогда как для связи C—Cl инкремент оказался равным 25,2, для связи C—Br — 31,1 и т. д. На основании установленных им инкрементов связи А. И. вычислил молярные объемы в точке кипения, критические объемы и т. п. для большого числа соединений, причём получилось очень хорошее согласие с наблюдаемыми на опыте величинами.

Значительное внимание А. И. уделял изучению зависимости между давлением насыщенных паров вещества и температурой и в течение ряда лет опубликовал по этому вопросу ряд работ. В одной из них он показал, что известная формула Нернста, полученная путём своеобразного интегрирования уравнения Клапейрона, не удовлетворяет экспериментальным данным в широком интервале температур и давлений. Так, на кривой $p = f(T)$, по Нернсту, имеется максимум, тогда как результаты опытов дают круто возрастающую кривую, которая обрывается в критической точке. В 1927 г. в докладе на 3-м Всесоюзном теплотехническом съезде А. И. предложил следующее уравнение:

$$\sqrt[4]{p} = a + bte^{-\frac{\beta}{\ln \frac{p_{\text{кр}}}{p}}}, \quad (6)$$

которое представляет собой формулу Яролимекса, дополненную на основании тщательного изучения опытных данных экспоненциальным членом. Уравнение (6), в котором a , b и β — постоянные, имеет довольно сложный вид, но оно весьма точно выражает зависимость давления насыщенного пара p от температуры t .

Наибольшую известностью среди работ А. И. Бачинского пользуются его исследования в области вязкости жидкостей. Не случайно он выбрал эпиграфом к своей основной работе (Исследование о внутреннем трении жидкостей, 1913 г.) следующие слова Д. И. Менделеева ⁴: «Та связь, которая существует между вязкостью и другими физическими и химическими свойствами, заставляет считать, что величина внутреннего трения займёт важную роль в молекулярной механике». Слова Д. И. Менделеева в настоящее время вполне оправдались. Каждый исследователь, занимающийся вопросами молекулярно-кинетической теории жидкостей, прежде всего производит проверку теоретических выводов на закономерностях, выражающих зависимость вязкости жидкостей от различных физических и химических параметров (температура, давление, химическая структура и т. п.). Огромная заслуга в отношении правильной постановки работ в этом направлении и их широкого развития принадлежит А. И., который первый вполне научно подошёл к рассмотрению данного вопроса микрореологии.

На собрании Университета физико-химии им. академика Н. Д. Зелинского в 1938 г., посвящённом двадцатипятилетию закона вязкости Бачинского, И. А. Каблуков, Н. Д. Зелинский и другие выступавшие дали весьма высокую оценку этим работам А. И. Бачинского ⁵. Интересуясь теорией жидкого состояния вещества, А. И. заметил, что вязкость является наиболее характерным свойством жидкостей. Её изменения с температурой и давлением во много раз больше, чем для других свойств вещества. В достаточно широком интервале температур и давлений вязкость жидкостей η изменяется в сотни, тысячи, десятки тысяч раз и более. До появления работ А. И. существовали интерполяционные формулы $\eta = f(t)$, имеющие в знаменателе тот или иной степенной ряд, однако они недостаточно хорошо передавали известные наиболее точные в то время экспериментальные данные Торпа и Роджера ⁶.

А. И. предложил выражать вязкость жидкостей в функции удельного объёма v , который в свою очередь зависит от температуры и давления. Основанием к этому было его правильное с точки зрения реологии представление о том, что механизм внутреннего трения жидкостей существенно отличается от такового для газов. Имея в виду, что вязкость жидкостей определяется характером молекулярного взаимодействия, а последнее зависит от расстояний между молекулами, А. И. сделал совершенно правильный вывод о том, что вязкость является функцией плотности жидкости или её удельного объёма. Таким образом, в 1912 г. была установлена та формула, которую теперь называют законом вязкости Бачинского, а именно:

$$\eta = \frac{c}{v - \omega}. \quad (7)$$

В этом уравнении c и ω постоянные, причём замечательно, что ω в ряде случаев близко к константе b в уравнении Ван-дер-Ваальса.

Величину ω А. И. назвал «предельным объёмом», а разность $v - \omega$ — «свободным объёмом» жидкости. В частности, А. И. установил, что значение ω для многих веществ составляет 0,3 от критического объёма.

В своей весьма обстоятельной классической работе, опубликованной в 1913 г. во Временнике Научного общества имени Леденцова, А. И. произвёл подробнейшую проверку уравнения (7) на обширном экспериментальном материале Торпа и Роджера и других авторов. Позднейшая неоднократная проверка на новых экспериментальных данных подтвердила его вывод о том, что формула (7) очень хорошо удовлетворяет опытам для всех неассоциированных жидкостей. В случае справедливости уравнения (7) на графиках $v = f\left(\frac{1}{\eta}\right)$, где $\frac{1}{\eta}$ представляет собою текучесть жидкости, должны получаться прямые линии. Рассматривая многочисленные графики такого типа, приведённые в работе А. И., приходится удивляться, с какой высокой степенью точности оправдывается эта закономерность. Из нескольких десятков таблиц, вычисленных А. И., видно, что расхождения результатов измерений с формулой (7) обычно составляют несколько сотых или десятых долей процента и только в очень редких случаях превышают 1⁰/₀.

Далее, А. И. показал, что установленный на основании формулы (7) молекулярный предельный объём $M\omega$, где M — молекулярный вес, обладает аддитивным свойством. При этом в соответствии с тем, что несколько ранее было изложено, он учитывал также инкременты связи. В своей подробной работе (1913 г.) он рассматривал также изменение вязкости в функции объёма, связанное с повышением давления, связь величины c с параметрами уравнения состояния Ван-дер-Ваальса и т. д.

По вопросам, связанным с законом вязкости Бачинского, опубликовано за истекшие три десятилетия очень много работ как у нас в СССР, так и за границей. Большое внимание закону Бачинского уделил Бингам в своей интересной книге, посвящённой проблемам реологии, т. е. текучести и пластичности вещества⁷. Он совершенно правильно оценил ту роль, которую уравнение (7) должно было играть в теории вязкости жидкостей. Бингам неоднократно возвращался к рассмотрению закона Бачинского, применяя его при исследованиях структуры жидкостей и их ассоциации⁸. Он ввёл поправочный член в уравнение (7), который позволил точнее вычислять предельный объём.

С другой стороны Гатчек в книге «Вязкость жидкостей»¹⁰ неправильно осветил состояние вопроса. Уделив немного внимания закону Бачинского, он подробно остановился на рассмотрении формулы Мак Леода¹¹. Последний в 1923 г., т. е. на 10 лет позднее А. И., предложил формулу, аналогичную закону Бачинского. Формула Мак Леода получается из уравнения (7), если вместо удельного

объёма v в неё подставить многочлен, выражающий расширение жидкости в зависимости от температуры. А. И. об этом как раз писал в своей работе 1913 г. Он, однако, не применял такое выражение, справедливо считая, что оно, будучи значительно сложнее формулы (7), не внесёт чего-либо нового. Действительно, дальнейшие выводы Мак Леода представляют собой в основном повторение работы А. И. Любопытно, что уравнение (1), установленное А. И. для связи поверхностного натяжения жидкости и плотности, было также вновь «открыто» Мак Леодом и опубликовано в журнале Фарадеевского общества спустя два года после появления работы А. И. в печати.

Фактически Мак Леод писал свою формулу вязкости в виде ¹¹:

$$\eta = \frac{c}{(v - b)^n}, \quad (8)$$

где n — величина, характеризующая степень ассоциации жидкостей. Однако для неассоциированных жидкостей он в соответствии с формулой (7) принимал $n = 1$.

В связи с тем, что закон вязкости Бачинского прекрасно согласуется с опытными данными, опубликовано большое число работ, посвящённых его теоретическому обоснованию ^{10, 12}. А. С. Предводителев ¹³ дал вывод формулы (7), исходя из представления о флуктуациях и положив в основу обычные уравнения гидродинамики, видоизменённые в связи с теорией релаксации Максвелла. М. Ф. Широков ¹⁴ пошёл другим путём и вывел закон Бачинского из молекулярно-кинетических соображений, вводя в уравнение вязкости газов поправки, аналогичные поправкам Ван-дер-Ваальса к уравнению состояния идеальных газов. Теоретический вывод формулы (7) имеется также в работах Герцога и Кудара ¹⁵, Гольдгаммера ¹⁶ и др.

Я. И. Френкель ¹⁷ сравнил уравнение (7) с выведенной им экспоненциальной формулой, выражающей зависимость вязкости жидкости от температуры. При этом он получил ряд интересных выводов, в частности показал (ранее Поуэлла и Эйринга ⁹), что представления, развитые А. И. в 1913 г., соответствуют современным взглядам на природу жидкого состояния вещества, а именно так называемой «дырочной» теории жидкостей. П. П. Лазарев ¹⁸ сопоставил закон Бачинского с уравнением, предложенным Ле-Шателье для выражения зависимости вязкости расплавленных стёкол от температуры. При этом выяснилось, что совпадение получается лишь в некотором интервале температур, а затем наблюдается расхождение.

Дальнейшее приложение закона Бачинского в области высоких температур имеется в работах М. П. Воларовича. Было установлено ¹⁹, что экспериментальные значения вязкости, полученные Дантума для азотнокислого калия в пределах температур 350—540° С и хлористого натрия при температурах 820—1000° С, хорошо удовлетворяют

уравнению (7). Позднее Ипатов ²⁰, повторив эту работу, пришёл к тому же выводу. М. П. Волярович ²¹ предпринял специальные исследования плотности при высоких температурах до 1300° С ряда расплавленных солей и силикатов, застывающих в виде стёкол, и показал, что в некотором интервале температуры, где вязкость сравнительно мала, закон Бачинского оправдывается. При увеличении вязкости с понижением температуры у этих стекловидных веществ наблюдаются отклонения от уравнения (7). Закон Бачинского обнаружил ту же закономерность при применении его для расплавленных жиров ²².

Позднее А. И. развил свою формулу для случая вязкости двойных жидких смесей (1920). При этом он показал, что при отсутствии сжатия при смешивании, т. е. для «идеальных» смесей, свободный объём v — ω является аддитивной величиной. Если же при смешивании наблюдается сжатие объёма, то в формулу вязкости смесей следует по А. И. ввести поправочный член, учитывающий уменьшение объёма. Независимо от А. И. Бачинского, аналогичное уравнение для вязкости двойных жидких смесей несколько позднее предложили Мейер и Милнус ²³, которые произвели и экспериментальную проверку этого уравнения. Формулу А. И. для вязкости смесей широко применяли Г. П. Лучинский ²⁴, Котлер ²⁵ и другие.

В настоящей статье мы могли лишь очень кратко коснуться некоторых основных работ А. И. Бачинского. Однако, из вышеизложенного видно, какой большой интерес представляют эти исследования А. И., какое они получили широкое применение в работах многочисленных авторов. Ясно, что они не только не потеряли своего значения в настоящее время, но, наоборот, в связи с развитием теории жидкого состояния вещества привлекают к себе всё больше и больше внимание исследователей, возбуждают всё больший и больший интерес.

Особо следует отметить превосходные учебники, написанные А. И. Бачинским для средней школы, по которым много лет учились наши школьники. А. И. был выдающимся педагогом. Все, кто слушал его выступления, хорошо помнят безукоризненную форму изложения, а также ясность и точность, с которой он передавал содержание лекций, докладов. А. И. проявлял всегда большой интерес к работам начинающих, молодых учёных. Многие научные сотрудники часто обращались к нему за советами и консультациями, причём всегда встречали со стороны А. И. самый тёплый приём и получали ответы на интересующие их вопросы. Все, встречавшиеся с А. И. Бачинским, сохраняют о нём самую светлую память.

В заключение я хочу выразить свою глубокую признательность дочери А. И. Бачинского Ольге Алексеевне Бачинской, а также К. А. Путилову за предоставление мне возможности воспользоваться архивом А. И. при составлении этой статьи.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Ребиндер, Современные проблемы физико-химии и химич. технологии, Сб. 2, 133 (1938).
2. К. А. Путилов, *Idem*, стр. 141.
3. П. В. Бриджмен, Физика высоких давлений, пер. с англ., ОНТИ, М.—Л., 1935.
4. Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 7-е, стр. 269, 1903.
5. Современные проблемы физико-химии и химич. технологии, Сб. 2, 109 (1938).
6. T. E. Torre a. J. W. Rodger, *Trans. Roy. Soc., A* 135, 397 (1894); **A** 189, 71 (1897).
7. E. C. Bingham, *Fluidity a. Plasticity*. New-York, 1922.
8. E. C. Bingham a. H. J. Farnwalt, *Journ. of Rheol.* 1, № 4, 372 (1930); E. C. Bingham a. P. W. Kinney, *Journ. Appl. Phys.*, 2, № 3, 192 (1940).
9. Э. Р. Поуэлл и Г. Эйринг, *У. Ф. Н.* 27, 278 (1945).
10. Э. Гатчек, Вязкость жидкостей, пер. с англ. с доп. М. П. Воларовича, изд. 2-е. ОНТИ, М.—Л. (1935).
11. D. V. MacLeod, *Trans. Farad. Soc.*, 19, 6 (1923).
12. Б. В. Бак, *У. Ф. Н.* 15, 1902 (1935).
13. A. Predwoditelew, *Zschr. f. Phys.* 49, 279 (1928).
14. М. Ф. Широков, *Журн. физ. хим.* 3, 173 (1932); *Журн. эксп. и теорет. физ.* 3, 237 (1933); *Труды. Совец. по вязк. жидк. и колл.*, 1, 25 (1941).
15. R. O. Herzog u. H. C. Kudar, *Zschr. f. Phys.*, 80, 217 (1933); **83**, 28 (1933); *Physik. Zschr.* 35, 437 (1934).
16. А. Д. Гольдгаммер, *ДАН* 3, № 7, 484 (1934).
17. Я. И. Френкель, *Труды. Совец. по вязк. жидк. и колл.*, 1, 11 (1941); *Кинетическая теория жидкостей*, Изд. Акад. Наук СССР, 1945, стр. 192.
18. П. П. Лазарев, *ДАН, А*, № 3, 27 (1927).
19. М. П. Воларович, *Изв. Акад. Наук СССР; Отд. матем. и естеств. наук*, стр. 1431 (1933).
20. Илатов, *Современные проблемы физико-химии и химич. технологии*, Сб. 2, 118 (1933).
21. М. П. Воларович, *Изв. Акад. Наук СССР, Отд. матем. и естеств. наук*, стр. 663 (1933); М. П. Воларович и А. А. Леонтьева, *Докл. Акад. Наук СССР* 2, № 8—9, 535 (1935).
22. M. P. Wolarowitsch u. G. B. Rawitsch, *Koll. Zschr.* 73, 339 (1935); Г. Б. Равич, *Колл. журн.* 5, 13 (1939).
23. J. Meyer u. V. Milius *Zschr. phys. Chem.*, 95, 349 (1920).
24. Г. П. Лучинский, *Журн. физ. хим.* 6, 700 (1935); 8, № 6 (1936); Г. П. Лучинский и А. И. Лихачева, *Idem* 7, 546 (1936).
25. F. Kottler, *Journ. phys. Chem.* 47, 277 (1943); 48, 77 (1944); *Rheology Bull.* 16, № 1, 20 (1945).

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ А. И. БАЧИНСКОГО

1. К динамической теории электричества, *Труды Отд. физич. наук Моск. общ. любит. естеств., антропол. и этногр. (МОЛЕАЭ)*, 10 (1900).
2. О законе изменения вязкости ртути с температурой, *Труды Отд. физич. наук (МОЛЕАЭ)*, 10 (1900).
3. О зависимости внутреннего трения жидкостей от их химической природы. Приложения к прот. Моск. общ. испыт. природы (МОИП), № 7 (1900).
4. Studien zur Kenntnis der Abhängigkeit der Viskosität der flüssigen Körper von der Temperatur und ihrer chemischen Konstitution. *Abh. 1, Bull. de la Soc. des Nat. de Moscou*, № 1 (1901).

5. Über die Beziehung zwischen dem Viskositätsparameter und einigen anderen physikalischen Konstanten, Zschr. phys. Chemie **37** (1901).
6. Über das Maxwellische Gesetz $K=n^2$, in Bezug auf die Theorie des molekularen Baues der Körper, Zschr. phys. Chemie **38**, 119 (1901).
7. Studien zur Kenntnis der Abhängigkeit der flüssigen Körper von der Temperatur und ihrer chemischen Konstitution, Abh. 11, Bull. de la Soc. des Nat. de Moscou, № 3 (1902).
8. Über eine Erweiterung des Begriffes der kritischen Grössen, Zschr. phys. Chemie **40**, № 5, 629 (1902).
9. Попытка физического истолкования периодической законности химических элементов, Протоколы МОИП, № 2 (1902).
10. Bemerkung über das Gesetz der geraden Mittellinie, Zschr. phys. Chemie **41**, 741 (1902).
11. О связи между параметром внутреннего трения и некоторыми другими физическими постоянными. Журн. Физ.-Хим. общ. при С.—П. унив. **33** (1901).
12. Über die Beziehung zwischen der Verdampfungswärme und den kritischen Grössen, Zschr. phys. Chemie **43**, № 3, 369 (1903).
13. Über die Polymerisation der orthomeren Flüssigkeiten, insbesondere der Essigsäure, Bull. de la Soc. des Nat. de Moscou, № 2—3, 188 (1903).
14. Die sprechende Flamme (mit Gabritschewski), Ann. der Phys. **11**, 223 (1903).
15. Zur sprechende Flamme. Antwort an Herrn Ruhmer Ann. der Phys. **12**, 1169 (1903); Zschr. phys. Chemie **47**, 743 (1904).
16. Beziehungen für die chemischen Eigenschaften der Stoffe. Ann. der Phys. **14**, 288 (1904).
17. Abhandlung über Zustandgleichung, Abh. 1—11, Ann. d. Phys. **19**, 307 (1906).
18. Abhandlung über Zustandgleichung, Abh. III, Ann. d. Phys. **21**, 1001 (1906).
19. Об условиях чувствительности весов. Физ. обзор., **11**, 1910; Zschr. phys. Chem., Unterricht. **24**, H. 1, 24 (1911).
20. Ueber die Ermittlung des Grades der molekularen Association von Flüssigkeiten, Zschr. phys. Chemie **75**, (1911).
21. Старое и новое в физике (речь). Русская мысль (декабрь 1911).
22. Памяти М. В. Ломоносова, Русская мысль, 1911.
23. а) Предтеча современной науки, б) Ломоносов, Русское слово, № 257 (1911).
24. Деятельность Ломоносова и значение его трудов. Временник О-ва содействия успехам опытных наук им. Леденцова (1912).
25. Das Gesetz der Viskosität der Flüssigkeiten Phys. Zschr. **13**, 1157 (1912).
26. Die molekulare Association der Flüssigkeiten 1—11, Zschr. phys. Chemie, **82** (1913).
27. Untersuchungen über die innere Reibung der Flüssigkeiten II, Zschr. phys. Chemie **84**, 643 (1913).
28. Исследования о внутреннем трении жидкостей, Временник О-ва им. Леденцова, Прилож. № 3 (1913).
29. Работа поднятия груза журн. «Физика», (1913).
30. Die innere Reibung von Flüssigkeitsgemischen. Приложение к протокол. засед. Моск. общ. испыт. прир., № 3 (1913).
31. Вязкость и молекулярная структура жидкостей. Современные проблемы электромагнетизма, стр. 27 (1913).
32. Запросы преподавателя физики в области математики, журн. Математич. образование, № 2 (1914).
33. Об одной геометрич. теореме, журн. Математич. образование (1914).
34. Биографический очерк Н. А. Умова, Временник Об-ва им. Леденцова (1915).
35. Н. А. Умов, Природа, 1915.
36. Замечательный русский учёный. Русская мысль (1915).
37. Очерк жизни и трудов Н. А. Умова, Отчёт Моск. унив., ч. 1 (1915).

38. Характеристика Умова как учёного, мыслителя и как человека, Проток. Моск. общ. испытат. природы, 1915; Bull. de la Soc. des Nat. de Moscou (1916).
39. Подчиняются ли насыщенные пары закону Мариотта, журн. «Физика», № 3—4, 18 (1916).
40. Вильгельм Вебер — творец электронной теории, Природа (1916).
41. Предисловие и примечания к Собранию сочинений Н. А. Умова, М. (1916).
42. Научно-литературная деятельность П. И. Вяземского, Труды Карадагской Научной Станции (1917).
43. Филеизм проф. Хвольсона, Философский ежегодник (1917).
44. Молекулярные поля и их объёмы, Изв. Акад. Наук (1918).
45. Заметка по случаю 300-летия со времени открытия Кеплером третьего закона планетных движений, У. Ф. Н. (1918).
46. О вязкости бинарных жидких смесей, Изв. Физ. инстит. Моск. научн. инстит. (1921).
47. О формулах поверхностного натяжения, Изв. Физ. инстит. Моск. научн. инстит., стр. 60 (1922).
48. Из истории русской науки, У. Ф. Н. (1923).
49. Об ортометрической кривой (совместно с Жарковым), Журн. физ.-хим. общ., стр. 175 (1924).
50. О принципах механики Сборник статей по вопр. физ.-матем. наук (1924).
51. Из истории световых теорий, Сборн. стат. по вопр. физ.-матем. наук (1924).
52. О приближённой замене синусоиды гиперболой, Сборн. стат. по вопр. физ.-матем. наук (1924).
53. Формула упругости паров (соем. с А. Я. Модестовым), Журн. прикл. физ., 5, вып. 2, 177 (1926).
54. Bemerkung über die Differenz $C_p - C_v$, Zschr. f. Phys. 45, H. 11/12, 892 (1927).
55. Исаак Ньютон, Народный учитель (1927).
56. Новая формула упругости паров, Труды III Всесоюзного теплотехнического съезда (1927); Nature (1927).
57. Физико-техническое оборудование школы и методы его использования (совместно с Павшей), Педагогическая энциклопедия (1927).
58. К вопросу о зависимости давления насыщенных паров от температуры (совместно с А. Я. Модестовым), Журн. прикл. физ. 5, вып. доп., 81 (1928).
59. Как велико давление воздуха на тело человека, Искра (1928).
60. Предисловие и примечание к переводу работы Эндрюса «О непрерывности газообразного и жидкого состояния вещества» М.—Л. (1933).
61. Предварительные сообщения и дискуссия по поводу статьи Лучинского, Журн. физ. и т. 11, вып. 4, 597 (1938).
62. Двадцать пять лет закона вязкости. Соврем. пробл. физ.-хим. и хим. технологии, Универ. физ.-хим. и хим.-техн. им. акад. Н. Д. Зелинского, сб. 2, 113 (1938).
63. Статьи по физике в Энциклопедическом словаре Граната (атом. веса, гальванизм и мн. др.).
64. Некоторые перспективы учения о вязкости жидкостей, Докл. на совещ. по вязк. жидк. и колл. при Ин-те Машиновед. Акад. Наук СССР 15/IV 1941 г., Труды Совещ., т. 2, 104 (1944).

КНИГИ А. И. БАЧИНСКОГО

1. Введение в кинетическую теорию газов. Курс лекций, читанных в МГУ в течение осеннего семестра 1907 года, Москва 1908.
2. Учение о силах и движении (с предисловием Н. Е. Жуковск го), М., изд. тов-ва Сытина, 1914; 2-е изд. 1918; 3-е изд. под заглав. «Введение в теоретическую механику. Учение о силах и движении». М.—Л., Госиздат, 1924.
3. Физика для средних учебных заведений, вып. 1, 2, 3, изд. тов-ва Сытина М. 1915—1917, изд. 4-е, вып. 1, 1919.

4. Сокращённая физика для употребления в школе II ступени, М., Госиздат, 1922; 5-е изд., 1924.
 5. Электричество и магнетизм, М., Госиздат, 1922; 2-е изд., 1923.
 6. Собрание вопросов и задач по элементарной физике, М., Госиздат, 1923; 2-е изд., 1923; 3-е—6-е изд., 1925—1928 гг.
 7. Учебник физики на производственной основе; ч. 1 — механика, теплота, ч. 2 — колебания, оптика, электричество; М., Госиздат, 1925; 5-е изд., 1927.
 8. Физика в трёх книгах (учебное пособие для школ), кн. 1—3, М.—Л., Госиздат, 1925—1926; изд. 10-е, 1931 г.
 9. Физико-технические справочные таблицы, М.—Л., Госиздат, 1926; 2-е изд., под заглав. «Справочные таблицы по физике» (совместно с К. А. Путиловым), М., Гос. учебно-педагогич. изд-во, 1934 г.
 10. Словарь-справочник по физике, М., изд-во «Раб. просвещения», 1928.
 11. Рабочая книга по физике, составленная по программе научно-педагогической секции ГУСа, вь п. 1—3 М.—Л., Госиздат, 1927; изд. 4-е, 1929.
 12. Редактирование, пер. с немецк. Физика Э. Гримзели, ч. 1—4 изд. 1-е—3-е, 1927—1938.
 13. Новая рабочая книга по физике, для трудовой школы, изд. 5-е, вып. 1—3, М., Госиздат, 1930.
 14. Физика (совместно с К. А. Путиловым), М., 1930.
 15. Физика для инженерно-экономич. вузов, ч. 1 (совместно с А. Я. Модестовым), М.—Л., Гос. Из-во техн. теорет. литер. 1932.
 16. Физика для инженерно-экономич. вузов; элементы термодинамики (в основу положен материал из физики А. И. Бачинского и А. Я. Модестова для инженерно-экономич. вузов), М., 1938.
 17. Справочник по физике (совместно с К. А. Путиловым и Н. П. Суворовым), М., Учпедгиз, 1941.
 18. Физика, учебник для ремесленных и ж.-д. училищ (совместно с С. М. Ильяшенко), М.—Л., Гос. Из-во техн. теорет. литер. 1941.
 19. Физика, Учебник для самообразования (совместно с С. М. Ильяшенко), изд. 2-е стереотипное М.—Л., 1942.
-