



A. G. Prigun

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ПАМЯТИ А. А. ФРИДМАНА

(К 75-летию со дня рождения)

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ ФРИДМАН*П. Я. Полубаринова-Кочина*

1

А. А. Фридман родился 17 июня 1888 г. Его отец был музыкантом и композитором. Мать Александра Александровича, Людмила Игнатьевна Воячек, дочь чешского музыканта, давала уроки игры на рояле. Сам Фридман говорил, что он не унаследовал музыкальных способностей от своих родителей.

А. А. Фридман учился во Второй петербургской гимназии, где математику вел известный преподаватель Николай Иванович Билибин, переводчик алгебры Бертрана на русский язык. Билибин отмечал выдающиеся способности своего ученика. Будучи гимназистом, Фридман вместе со своим другом Я. Д. Тамаркиным провел исследование, связанное с числами Бернулли,— оно было опубликовано в 1905 г. в «Math. Ann.», т. 62.

По окончании Петербургского университета в 1909 г. Фридман был оставлен при нем профессорами В. А. Стекловым и Д. К. Бобылевым для подготовки к профессорской деятельности по кафедре чистой и прикладной математики. В 1913 г. физик и метеоролог Б. Б. Голицын предложил молодому ученому работать в Павловской аэрологической обсерватории.

С 1913 по 1916 г. Голицын был директором Главной физической обсерватории — института, ведавшего метеорологическими наблюдениями, их обработкой и атмосферными исследованиями, впоследствии переименованного в Главную геофизическую обсерваторию (ГГО).

В 1914 г. Александр Александрович был командирован в Лейпциг к В. Бьеркнесу для ознакомления с методами синоптической и динамической метеорологии.

Вильгельм Бьеркнес, вместе с другими норвежскими учеными, был основателем норвежской школы динамической метеорологии. Он разработал основы фронтологического метода, в котором важным фактором, обуславливающим изменение погоды, считается появление фронтов. Фронтальной поверхностью (или фронтом) называется поверхность разрыва температуры и других метеорологических элементов. Главнейшие из фронтов разделяют арктические, тропические и экваториальные массы воздуха.

В августе 1914 г. ожидалось солнечное затмение — Фридман принял участие в подготовке мероприятий для его наблюдения, причем ему пришлось летать на дирижаблях.

Осенью 1914 г. он вступил в добровольческий авиационный отряд, который действовал на фронте вблизи Осовца.

С декабря 1914 г. по март 1915 г. он провел серию полетов над Перемышлем с целью испытания приемов бомбометания, предварительно им же разработанных. Один свидетель этих испытаний сказал, что единственное удачное попадание, наблюденное им, было сделано Фридманом. По ноябрь Фридман был наблюдателем в авиационном отряде, проводя изучение характера атмосферных вихрей. За свою деятельность он получил почетное звание летчика-наблюдателя.

В 1916—1917 гг. А. А. возглавлял аэронавигационную службу на всех фронтах, читал лекции в Киеве, руководил (вместе с А. Ф. Гавриловым) вычислением баллистических таблиц. Уже в этот период его деятельности проявились его организационные способности, личная храбрость и то горение в работе, которое было так характерно для его дальнейшей жизни.

В 1918 г. Фридман заведует в Москве отделом авиационных измерений, затем получает назначение в Пермский университет для работы в качестве профессора механики. В 1920 г. он возвращается в Петроград, куда приезжают также профессора В. И. Смирнов, Я. Д. Тамаркин, Я. С. Безикович. Они читают лекции по различным вопросам математики, Фридман—по гидродинамике. В это же время и физики Ю. А. Крутков, В. К. Фредерикс, В. Р. Бурсиан и П. И. Лукирский начали чтение лекций по квантовой механике, теории относительности и другим разделам теоретической физики. А. А. Фридман вступил с ними в тесный контакт, приглашал их делать доклады в Математическом обществе, что вызывало большой интерес и привлекало много народа. Сам он стал изучать принцип относительности, читал лекции по тензорному исчислению. Были организованы совместные семинары физиков, математиков и механиков.

Очень быстро Фридман овладел теорией относительности и уже в 1922 г. написал книгу «Мир как пространство и время». В ней он хотел дать довольно широко кругу читателей действительное ознакомление с идеями принципа относительности, излагая их по возможности просто, но без дешевой популяризации. В этом же году вышла статья Фридмана о кривизне пространства (*Zs. Phys.*, т. 10, 1922). Эта работа в настоящее время расценивается очень высоко, и изложенная в ней теория считается важным шагом в изучении пространств космических масштабов (см. В. А. Фока, Теория пространства, времени и тяготения, 1961, а также следующую статью этого выпуска УФН).

Работая в контакте с физиками, Фридман и сам оказывал влияние на них: так, по его предложению Г. А. Гринберг провел исследование уравнений релятивистской гидродинамики.

К работе в Отделе теоретической метеорологии Фридман привлек молодежь, в том числе Н. Е. Кочина, В. А. Фока и несколько старшего по возрасту Б. И. Извекова; позднее, в 1925 г., аспирантом Фридмана стал И. А. Кибель. Но Фридман не побоялся пригласить и совсем уже пожилого Льва Васильевича Келлера, работавшего раньше по статистике в области страхового дела и не имевшего имени в науке. Келлер провел в отделе крупные исследования по статистической теории турбулентности.

Фридман и Келлер ввели понятие моментов связи, т. е. математических ожиданий произведений пульсаций гидродинамических элементов в различных точках области движения и в различные моменты времени. Это дало возможность лучше уяснить физическую структуру турбулентности, а также, если пренебречь моментами связи третьего порядка, замкнуть систему уравнений турбулентного движения.

Фридман относился к числу начальников, которые хвалят своих подчиненных в присутствии других людей. Если его сотруднику удавалось получить интересный результат, Фридман не скупился на похвалы. Так, он пришел в полный восторг, когда Н. Е. Кочин нашел случай адiabатического движения, в котором происходит образование вихрей, и, расточая похвалы Кочину, добавил: «А я-то чесал правое ухо левой рукой» (в поисках решения вопроса о том, возможно ли образование вихрей без притока энергии).

Вообще самокритичность была свойственна Фридману, и он часто громко высказывал сожаление по поводу своих недостатков, действительных или мнимых. Со своими сотрудниками он установил такие отношения, при которых можно было делать замечания по его адресу, и он принимал их во внимание.

Однажды женщины отдела выразили Александру Александровичу свое возмущение тем, что в книге «Мир как пространство и время», в примере на арифметизацию, он сопоставил свойству человека быть женщиной число 0, а мужчиной — число 1. Он обещал сделать наоборот во втором издании. Нужно отметить, что в своем отделе Фридман воспитывал и женщин и держал их не только на черной работе.

Фридман заботился о своих сотрудниках. Так, когда была учреждена категория НУ — начинающих ученых, он для получения дополнительного продовольственного пайка сразу же написал отзывы о работе каждого, кто только начал что-нибудь делать. А отзывы он умел писать очень быстро.

Правила бранить сотрудника при отсутствии свидетелей Фридман не выполнял. Наоборот, он имел обыкновение, по экспансивности своего характера, нарочито громко бранить отсутствующего (обычно речь шла об опоздании на работу, небрежном оформлении работы и т. п.) так, чтобы все слышали и наматывали себе на ус, и в расчете на то, что все будет передано провинившемуся.

Фридман обладал колоссальной трудоспособностью, был «ненасытен и жаден до работы» и умел передать энтузиазм другим. Он организовал семинар по динамической метеорологии, в котором принимали участие сотрудники и других отделов ГГО: все вычерчивали карты изобар, наносили на них линии фронтов, т. е. поверхностей разрыва метеорологических элементов, следили за перемещением циклонов и т. п.

Рабочих часов Фридману не хватало, и его ученики часто собирались у него на квартире для обсуждения различных вопросов. Все принимали участие в расчетах баллистических таблиц, к которым Фридман вернулся, чтобы внести в них различные уточнения. Все в той или иной мере были привлечены к изданию трудов А. М. Ляпунова, проверке и подготовке к печати оставшихся после его смерти обширных рукописей, а затем правке корректур.

2

В 1922 г. вышла в свет напечатанная литографским способом книга Фридмана «Опыт гидромеханики сжимаемой жидкости», в которой заложены основы теоретической метеорологии.

Фридманом был поставлен вопрос о том, что при изучении атмосферных движений необходимо рассматривать воздух как сжимаемую бароклинную жидкость, т. е. такую, в которой давление не является функцией одной лишь плотности, но зависит и от температуры. При этом атмосфера получает от Солнца тепло и теряет его путем лучеиспускания в мировое пространство. И Фридман ставит своей задачей разработку фундаментальных общих вопросов гидродинамики сжимаемой жидкости.

Прежде всего он исследует кинематику вихревых движений. Как известно, для баротропной жидкости (т. е. такой, в которой давление есть функция только плотности) при консервативных силах имеют место теоремы Гельмгольца о том, что 1) жидкая вихревая трубка при движении жидкости остается вихревой трубкой, состоящей из одних и тех же жидких частиц, и 2) напряжение вихревой трубки не меняется со временем. При указанных условиях имеет место также теорема В. Томсона о том, что производная по времени от циркуляции скорости равна циркуляции ускорения.

Фридман дает свои теоремы, представляющие обобщение теорем Гельмгольца и Томсона. Он показывает, в частности, что вторая теорема Гельмгольца может выполняться без удовлетворения условий первой.

Вторая часть книги Фридмана посвящена динамике сжимаемой жидкости.

Отметим, что Фридман разбивал элементы движения на кинематические и динамические, понимая под первыми скорости и их производные, под вторыми — давление, плотность и температуру, а также их производные по координатам и времени. Из уравнений гидродинамики он выделил динамическую группу, т. е. уравнения движения и уравнение неразрывности, поставив такую задачу: найти условия динамической возможности движения сжимаемой жидкости, другими словами, найти соотношения, представляющие необходимые и достаточные условия того, чтобы движение с заданным полем скоростей было возможно, т. е. чтобы можно было найти давление и плотность как функции координат и времени.

Для несжимаемой идеальной жидкости условия динамической возможности являются не чем иным, как уравнениями Гельмгольца для вихря, получаемыми исключением давления из уравнений Эйлера.

Задаваясь тем или иным характером скоростей, во многих случаях оказывается возможным найти затем окончательные выражения для скоростей, а также определить давление и плотность. Фридман проиллюстрировал свою теорию рядом примеров.

В отдельной статье (Метеорологический вестник, т. 31, 1921) он применяет этот метод к особенно интересному с точки зрения метеорологических условий случаю циклона, ось которого перемещается в пространстве. Такого рода модели рассматривались в то время английскими учеными Рэлеем, Шоу, Грином при сильных ограничениях: в предположении постоянства плотности и т. п.

Фридман изучает движения, в которых плотность является функцией давления и температуры, при действии силы тяжести и отклоняющей силы вращения Земли. Предполагается, что в каждой из горизонтальных плоскостей имеется центр вращения, положение которого зависит от времени, и следовательно, ось циклона (геометрическое место центров) перемещается и циклон движется по поверхности Земли, которая считается горизонтальной плоскостью. Угловая скорость вращения жидкости вокруг центра для всех высот считается постоянной и вертикальная скорость — равной нулю.

Н. Е. Кочину было предложено обобщить эту модель циклона, считая угловую скорость зависящей от высоты и времени, и это дало движение, значительно лучше, чем все предыдущие, приближающиеся к действительным циклонам и антициклонам.

Хотя атмосферные движения не являются адиабатическими, так как в них важную роль играет приток тепла, все же Фридман выделяет адиабатические движения из-за их относительной простоты. Из числа адиабатических движений он выделяет неизоэнтропические, для которых энтропия не является постоянной во всей области движения, но ее

полная, или индивидуальная, производная равна нулю, — таким образом, каждая частица несет с собой постоянную энтропию, которая, однако, меняется при переходе от одной частицы к другой и в данной точке пространства может изменяться со временем.

Фридман выделяет также случай сжимаемой жидкости, в котором полная производная плотности по времени равна нулю и, следовательно, дивергенция скорости равна нулю — такой случай он назвал несжимаемым движением.

Фридмана очень интересовал вопрос о том, возможны ли адиабатические движения, в которых давление не есть функция плотности и, следовательно, происходит образование и разрушение вихрей. Этот вопрос был утвердительно решен Н. Е. Кочиным, построившим пример движения — вращение вокруг вертикальной оси с угловой скоростью, зависящей от высоты, происходящего под действием лишь силы тяжести. Это движение оказалось несжимаемым, жидкость в нем — бароклиной и вихри — не обладающими свойством сохранения. Тем самым была показана возможность образования вихрей без притока энергии.

В статье, опубликованной после его смерти, Фридман дал приближенные условия динамической возможности движения. Совместно с Б. И. Извековым им были рассмотрены условия динамической возможности в координатах Лагранжа.

Учениками Фридмана был исследован ряд других моделей движения, представляющих интерес для метеорологии, и результаты Фридмана были обобщены на случаи движения вязкой сжимаемой жидкости (Б. И. Извеков) и сжимаемой жидкости с заданным притоком тепла (И. А. Кибель).

В дальнейшем динамическая метеорология получила в Советском Союзе широкое и разностороннее развитие. Я отмечу лишь некоторые работы представителей старшего поколения, не касаясь работ, развиваемых в настоящее время в Главной геофизической обсерватории.

А. А. Дородницыным, Б. И. Извековым и М. Е. Швецем были подведены итоги математической теории общей циркуляции атмосферы, И. А. Кибелем был дан теоретический метод прогноза погоды, Е. Н. Блиновой развита гидродинамическая теория волн давления и центров действия атмосферы и заложена основа для долгосрочных прогнозов погоды. Теория лучистого теплообмена была построена Е. С. Кузнецовым, составившим уравнения переноса лучистой энергии.

3

Диапазон исследований Фридмана был очень широк. С самого начала научной деятельности его занимали основные вопросы теоретической геофизики: объяснение существования верхней инверсии, теория атмосферных вихрей и порывистости ветра, теория разрывов непрерывности в атмосфере, теория атмосферной турбулентности. Не чуждался он и разработки вопросов, имевших непосредственные приложения, так сказать, рабочего характера. Так, в самом начале своей научной деятельности он составил инструкцию для обработки подъемов змейковых метеорографов.

А. А. Фридман был человеком живым и общительным, особенно если беседа касалась научных тем. Он принимал самое деятельное участие в приемах и немецкого физика П. Эренфеста, и голландского гидромеханика И. Бюргера, и итальянского ученого Т. Леви-Чивита, с которыми вел переписку. На эти встречи он приглашал своих сотрудников.

Фридман вступил в члены математического общества г. Палермо и ввел в него своих ближайших сотрудников. После смерти Фридмана эти сотрудники автоматически выбыли из членов общества и перестали получать журнал этого общества,

Несколько раз Фридман выезжал за границу: в 1922 г. в Германию и Норвегию, в 1924 г. — в Дельфт (Голландия) на I Международный конгресс прикладной механики. На нем Фридман доложил о своей с Келлером работе, о работе Кочина и упомянул о работе других своих сотрудников и некоторых советских механиков. Беседы Фридмана с другими учеными выливались нередко в их совместную работу. Такова его и Т. Гессельберга статья о порядке величин метеорологических элементов, были у него совместные работы с Тамаркиным, Извековым, Келлером и другими.

В феврале 1925 г. Фридман стал директором Главной геофизической обсерватории. Несомненно, что он сделал бы очень много для развития ее, если бы преждевременная смерть не прервала его жизни, полной кипучей энергии.

А. А. Фридман скончался 15 сентября 1925 г. в возрасте 37 лет, от брюшного тифа. «С ним отошла крепчайшая надежда теоретической метеорологии», так сказал о нем директор Прусского метеорологического института профессор Фикер.

Незадолго до смерти, в июле 1925 г., Фридман совершил рекордный для своего времени полет на аэростате, достигнув высоты 7400 метров, причем пробыл в воздухе 10 ч. 20 м. Пилотом был П. Ф. Федосеевко, погибший через несколько лет при полете на стратостате.

Будучи увлеченным воздушной стихией, Фридман считал, что для ее познания нужно в нее окунуться самому, чтобы пронаблюдать происходящие в ней явления.

Когда астронавты опустились вблизи деревни Окорки Новгородской области, они сделали доклад встретившим их крестьянам о значении своего полета. По возвращении в Ленинград Фридман вел переписку с комсомольцами деревни, членами Аэрорадиоохима.

Фридман проявлял большой интерес к космическим проблемам, и мечта о возможности общения с другими мирами казалась ему осуществимой в недалеком будущем.

Мы уже видели, что в области теоретической метеорологии Фридмана занимали самые общие и глубокие вопросы. Это же относится и к его исследованиям в теории относительности. Его «расширяющаяся Вселенная» представляла лишь начало исследований, которые ему не суждено было продолжить. Н. М. Гюнтеру принадлежат хорошие слова о том, что «Фридман имел высокую душу исследователя вечных вопросов мироздания и благородный облик жреца чистого знания».

В тех областях, к которым относятся его работы, А. А. Фридман оставил яркий след — это сохранит его имя в науке.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Фридман, Опыт гидромеханики сжимаемой жидкости. М.—Л., ОНТИ, 1934 (первое, литограф. издание, 1922 г.).
2. А. А. Фридман, Мир как пространство и время, 1923.
3. В. А. Белинский, Динамическая метеорология. М., Физматгиз, 1948.

О А. А. ФРИДМАНЕ

4. Н. М. Гюнтер, Журн. Ленинградского физ.-мат. о-ва 1, вып. 1 (1926).
5. А. Ф. Гаврилов, УФН 6(1), 73 (1926).
6. Е. П. Фридман, Геофиз. сб. 5, вып. 1 (1927).
7. Б. И. Извеков, Журн. геофиз. и метеор. 3, вып. 1—2 (1926).
8. П. Ф. Федосеевко, На высоте 7400 м, Техника воздушного флота, № 9 (1925).
9. А. А. Фридман, На высоте 7400 метров, Техника воздушного флота, № 2—3 (1926).
10. Л. С. Поллак, Тр. Ин-та истории естествознания и техники, т. 22. М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 324.

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ А. А. ФРИДМАНА

1. Sur les congruences du second degré et les nombres de Bernoulli, Math. Ann., Bd. 62, 1905 (совместно с Я. Д. Тамаркиным).
2. Quelques formules concernant la théorie de la fonction (x) et les nombres de Bernoulli, Crelle's Journ., t. 135.
3. Sur la recherche des solutions particulières de l'équation de Laplace, Сообщ. Харьк. мат. о-ва, сер. 2, т. 12, № 6, 1911.
4. К теории аэроплана, Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, вып. 8 и 9, 1911.
5. Sur la recherche des surfaces isodynamiques, Compt. rend., t. 154, 1912.
6. Sur un problème hydrodynamique de Bjerknæs, Сообщ. Харьк. мат. о-ва, сер. 2, т. 13, № 6, 1913 (совместно с М. Petéline).
7. К вопросу о колебательном разряде конденсатора, Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, вып. 5, 1913.
8. Zur Theorie der Vertikaltemperaturverteilung, Meteor. Zs., H. 3, 1914.
9. Значение линий тока воздушных течений для воздухоплавания, Техника воздухоплавания, Птгр., 1914.
10. Die Grössenordnung der Meteorologischen Elemente und ihrer räumlichen und zeitlichen Ableitungen, Veröffentlich. d. Geophys. Instituts der Universität Leipzig, 2-te Ser., H. 6, 1914 (совместно с Th. Hesselberg'ом).
11. Sur la distribution de la température aux diverses hauteurs, Геофиз. сб., т. 1, вып. 1, 1914.
12. К вопросу о скорости звука, Геофиз. сб., т. 2, вып. 3, 1915 (совместно с В. Я. Альтбергом).
13. Sur les tourbillons dans un liquide á température variable, Compt. rend., t. 163, 1916.
14. О вихрях в жидкости с меняющейся температурой, Сообщ. Харьк. мат. о-ва, сер. 2, т. 15, 1916.
15. Конспект лекций по аэронавигации, Киев, 1916.
16. Об атмосферных вихрях, Геофиз. сб., т. 3, вып. 1, 1916.
17. Определение вертикальных течений воздуха с помощью наблюдений за шарами-пилотами, производимых с одного пункта, Геофиз. сб., т. 3, вып. 2, 1917 (совместно с Н. Пуятой).
18. К вопросу о доказательстве правила параллелограмма сил, Журн. Физ.-мат. о-ва при Пермск. гос. ун-те, вып. 1, 1919.
19. О вертикальных течениях в атмосфере, Журн. Физ.-мат. о-ва при Пермск. гос. ун-те, вып. 2, 1920.
20. О распределении температуры с высотой при наличии лучистого теплообмена Земли и Солнца, Изв. Главн. физич. obs., № 2, 1920.
21. Об атмосферных вихрях с вертикальной и горизонтальной осью, Изв. Главн. физ. obs., № 3, 1921.
22. Идея вращающейся жидкости в атмосферных движениях, Метеор. вестн., 1921.
23. Опыт гидромеханики сжимаемой жидкости, Диссертация (Петроград, 1922), 516 стр.
24. Über die Krümmung des Raumes, Zs. Phys., Bd. 10, H. 6, 1922.
25. Атмосферные вихри и порывистость ветра, Тр. Аэрол. obs. в Павловске, 1922.
26. Über vertikale Temperaturgradienten in der Atmosphäre, Ann. d. Hydrographie, 1922.
27. Sur la cinématique des lignes de tourbillon, Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie, 1922.
28. Die vertikalen Strömungen in der Atmosphäre, Beitr. zur Phys. der freien Atmosphäre, Bd. 10, H. 4, 1922.
29. Мир как пространство и время, Л., Изд-во «Академия», 1923.
30. О движении сжимаемой жидкости, Изв. Гидрол. ин-та, № 7, 1923.
31. Über eine Methode der Bestimmung der vertikalen Windgeschwindigkeit, Meteor. Zs., 1924 (совместно с Я. Д. Тамаркиным).
32. Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes, Zs. Phys., Bd. 21, H. 5, 1924.
33. Über Wirbelbewegung in einer kompressiblen Flüssigkeit, Zs. angew. Math. und Mech., Bd. 4, 1924.
34. О распространении прерывности в сжимаемой жидкости, Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 1924 (совместно с Я. Д. Тамаркиным).
35. О возможных конфигурациях электронов в атоме Резерфорда, Тр. Гос. opt. ин-та, Ленинград, т. 3, вып. 24, 1924 (совместно с Я. Д. Тамаркиным).
36. Основы теории относительности. Вып. III. Тензоральное исчисление. Изд-во «Академия», 1924 (совместно с В. К. Фредериксом).
37. О кривизне мира, Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 1924.

38. Bericht über einige hydrodynamische Arbeiten russischer Gelehrten, Proc. of the First Intern. Congr. for Applied Mechanics, Delft, 1925.
 39. Кинематика (литограф. курс), Ленинград, 1924 (совместно с Л. Г. Лойцянским).
 40. Über die Geometrie der halbsymmetrischen Übertragungen, Math. Zs., Bd. 21, H. 3—4, 1924 (совместно с I. A. Schouten'ом).
 41. Über atmosphärische Wirbel und die Turbulenz des Windes, Beitr. zur Phys. der freien Atmosphäre Bd. 2, H. 4, 1924.
 42. Приближенные вычисления, Ленинград, 1925 (совместно с Я. С. Безиковичем).
 43. Sur le mouvement d'un fluide parfait compressible, Изв. Рос. Акад. наук, 1925 (совместно с Б. И. Извековым).
 44. Об одном случае адиабатического движения тяжелого газа.
 45. Решение численных уравнений (литограф. курс).
 46. На высоте 7400 метров, ж. «Хочу все знать», № 10, 1925 и в ж. «Климат и погода», № 2—3, 1925.
 47. Théorie du mouvement d'un fluide compressible et ses applications aux mouvements de l'atmosphère.
 48. Мироздание (книга не вышла).
-