

Г. С. ЛАНДСБЕРГ

ПУТИ РАЗВИТИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Количественный спектральный анализ представляет собой в настоящее время важную прикладную область, опирающуюся на твердо установленные положения. Мы располагаем хорошо обоснованными методами исследования, покоящимися на определении относительной интенсивности спектральных линий сравниваемых элементов — определении, производимом при соблюдении ряда предосторожностей. Следует избегать применения приемов, не дающих указанных гарантий, в частности приема определения абсолютных интенсивностей линий. Существенной стороной всякого аналитического метода, даже имеющего по видимому качественный характер, является сознательная и рациональная оценка возможных ошибок метода. Надлежит настаивать, чтобы во всех спектрально-аналитических методах всегда исследовался вопрос об ошибке, причем в качестве меры ошибки предлагается установить вероятную ошибку отдельного измерения.

Спектральный анализ, принципиальная и даже практическая возможность которого была известна уже сравнительно давно, развился как серьезный аналитический метод главным образом на протяжении последнего десятилетия.

Еще в 1910 г. лучший знаток спектроскопии, Кайзер, в пятом томе своего фундаментального «Руководства по спектроскопии»¹, после обстоятельного разбора вопроса о возможности количественных определений спектральным методом, писал «...Количественный спектральный анализ оказался невыполнимым».

Последующие годы характеризовались созданием научной базы спектроскопии, покоящейся на современной теории атома. Сделалась понятной роль целого ряда факторов, влияющих на вид спектра, в частности внесена ясность в понятие дуговых и искровых линий, введено понятие функции возбуждения и т. д. Параллельно с этим систематическая работа ряда исследователей, в частности Хартлея, де-Грамона и др., повела к установлению некоторого спектрально-аналитического метода [метод «последних» линий («raies ultimes»)], который сделал возможным проведение количественных анализов с определе-

¹ Kayser, Handb. d. Spektroskopie, B. V, S. 27, Leipzig (1910).

ным успехом. Конен¹, ближайший сотрудник Кайзера, вернулся в 1926 г. к обсуждению вопроса о возможности количественного спектрального анализа. Конен признавал, что существование метода Хартлей—де-Грамона повышает доверие к возможности практического решения задачи, и считал, что несмотря на ряд принципиальных трудностей удастся осуществить воспроизводимые условия возбуждения спектральных линий, при которых они обнаруживают практически достаточное постоянство. Однако спектральные линии испускаются парообразным облаком, возникающим между электродами. В какой степени однозначно связаны концентрация элементов в этом облаке с составом электродов? Какое влияние имеет различие в температуре кипения для различных компонентов, как влияет различие в теплотах диссоциации? В какой мере возбуждение и испускание одних компонентов облака зависят от присутствия или отсутствия других компонентов? Эти и многие другие трудности заставили Конена признать, что удовлетворительные результаты, получаемые де-Грамоном и другими, являются удивительным и непонятным практическим успехом, но не позволяют обосновать принципиальную возможность спектрального анализа. «Мне не остается ничего другого,— пишет Конен,— как остаться при мнении, высказанном мною совместно с Кайзером в 1910 г., при мнении, согласно которому спектральный анализ как теоретически обоснованное учение не существует». Конен кончает призывом продолжать разрабатывать практические методы, полагая, что возможный и плодотворный путь развития спектрального анализа лежит через накопление материала к постановке проблем и затем к их разрешению. Десять лет, протекавшие со времени этого выступления, внесли много нового в положение вопроса.

В настоящее время мы имеем вместо одного, далеко не безукоризненного, метода «последних» линий и стандартных проб ряд методов, принципиально более правильных и практически более удобных. Собран действительно большой материал, не только удовлетворяющий практику, но и позволяющий поставить ряд вопросов, решение которых лежит в исследовании физической сущности процессов.

Характеристика Конена, согласно которой спектральный анализ представляет собой учение, теоретически не обоснованное, должна быть заменена утверждением, что спектральный анализ есть учение, теоретически еще далеко не исчерпанное. В этом его привлекательность для нас, физиков, ибо перед нами не только важная прикладная область, но также и область, требующая интенсивной научной разработки. С другой стороны, отсутствие полной теоретической ясности во многих вопросах налагает требование сугубой осторожности при эмпирическом решении ряда задач и сугубо критического подхода к выводам и за-

¹ Конен, Naturwiss., 14, S. 1108 (1926).

ключениям. Мы работаем в заманчивой и заведомо многообещающей области. Но мы должны ясно сознавать опасность скомпрометировать это важное и нужное дело путем скороспелых и непроверенных заключений.

Если возможность рациональной постановки вопроса о количественном спектральном анализе связана с успехом наших теоретических воззрений, то интенсивное развитие спектрального анализа обусловлено растущими и разнообразящимися требованиями техники и промышленности.

Современная металлургия предъявляет аналитику многообразные и трудно разрешимые задачи. Достаточно сказать, что мы имеем десятки, даже сотни разнообразных сплавов, сталей, чугунов, цветных сплавов с разнообразнейшими технологическими свойствами. Сплошь и рядом качества этих сплавов могут быть значительно улучшены или радикально испорчены введением в них совсем незначительных по количеству ингредиентов (сотые доли процента натрия или хрома например имеют существенное значение для свойств стали или чугуна). Трудность аналитической задачи усугубляется также и тем, что скорости применяющихся технологических процессов нередко довольно велики. Отсюда необходимость экспрессных методов анализа, которые должны заканчиваться в 10, много 15 мин. (при контроле например процесса плавки). Чувствительность и быстрота анализа, столь нужные технике, как-раз составляют самую характерную черту спектрального анализа в отличие от химических методов. Поэтому естественно применение спектрально-аналитических методов к решению возникающих задач. Ускоренные методы анализа дают возможность по-новому ставить вопросы технологии. Введение быстрого (1—2 мин.) спектрально-аналитического метода контроля марки стали позволяет подвергать проверке все без исключения куски стали, идущие в производство. На Московском автозаводе им. Сталина например этим методом было произведено исследование приблизительно 700 000 кусков стали. При этом обнаружилось, что не менее 5% всех испытанных кусков имели неправильную марку. Легко представить себе, какое количество неудач в производстве предотвращает подобный сплошной контроль. Таким образом борьба «за минуты» есть совершенно реальная и необходимая борьба и в технологических процессах и в обслуживающих их аналитических методах. Стахановское движение, имеющее особое значение в металлургической и машиностроительной промышленности, получает в ускоренных методах анализа надежного помощника.

Но кроме быстрого ответа техника требует также ответа достаточно точного, ибо при содержании какого-либо элемента в 1—2% изменение на 0.1—0.2% играет существенную роль. Таким образом если первые задачи, вставшие перед спектральным методом, были по преимуществу качественного характера, то теперь речь идет о количествен-

ных спектральных анализах, ошибка которых не превышает 10—15%. Здесь уместно поднять вопрос о терминологии и вложить содержание в установившиеся уже термины «качественный» и «количественный» анализ. Типично качественные задачи, где решается вопрос, есть ли или нет налицо данный элемент и притом в заметных количествах, крайне редки. Они могут иметь значение например при предварительном анализе неизвестных сплавов, скажем с целью раскрытия патента (известная работа де-Грамона во время войны, положившая начало обширным исследованиям). Да и в этих случаях в настоящее время нельзя проходить без внимания мимо примесей, содержащихся в ничтожно малых количествах.

До известной степени аналогичные задачи имеют место и в минералогических анализах; но вообще круг такого рода задач крайне ограничен.

Обычно то, что называется качественным анализом, есть определение минимального количества, причем понятие «минимальный» зависит от характера рассматриваемой проблемы. В некоторых случаях речь идет о сотых и даже тысячных долях процента, например при анализе руд на содержание драгоценных металлов; в других — о гораздо больших количествах, например при поисках менее ценных металлов в рудах. Подобный же характер имеют задачи по определению чистоты некоторых материалов в соответствии с требованиями ГОСТ. Во всех подобных случаях дело идет по существу о количественной задаче, решение которой сопряжено с необходимостью тщательного изучения методики с точки зрения того, что она может дать и чего не может. Эти задачи требуют также изучения всех необходимых мер предосторожности и оценки ошибок методики, ибо известны случаи, когда даже заметное содержание элемента при неправильной методике может ускользнуть от наблюдения. Таким образом вопрос сводится в конце концов к величине допустимой ошибки, а допуски определяются характером проблемы. Но без оценки точности методики, оценки, сделанной тщательно, а не на-глазок, нельзя подходить к решению вопроса. Поэтому правильнее было бы говорить не о качественном и количественном анализах, как о двух классах задач, а о грубых и более тонких методах анализа, причем конечно граница между грубым и тонким условна и расплывчата.

Итак, современная практика ставит перед спектроскопистом задачу выполнения анализов, которые по скорости, точности и дешевизне могли бы конкурировать с другими методами анализа.

Разработка пригодных для поставленных целей методик сделала со времени речи Конена (1926 г.) значительные успехи. В 1926 г. главным, если не единственным, методом был метод «последних» линий, проводимый при помощи сравнения анализируемой смеси со стандартными пробами. При этом заключения делались на основании оценки относи-

тельной интенсивности линий, иногда же на основании определения их абсолютной интенсивности (по почернению фотопластинки). Методы, основанные на определении абсолютной интенсивности, иногда практикуются и в наше время. Они покоятся на стандартизации условий возбуждения — требовании, трудно выполнимом и требующем особой тщательности. Эти методы особенно чувствительны ко всяким трудно контролируемым воздействиям, и поэтому их следует считать принципиально мало удовлетворительными. В тех случаях, когда почему-либо требуется прибегать к этим методам, необходима сугубая осторожность при их проведении и большое число повторных анализов. Не следует культивировать эти методы и надо стремиться к замене их другими.

От многих из указанных недостатков свободны методы, покоящиеся на определении относительной интенсивности линий исследуемого вещества и вещества сравнения. Особенное значение имеет определение относительных интенсивностей в предложенном Герляхом и Швейцером методе гомологических пар (1928 г.). Гомологическими парами Герлях предложил называть пары линий сравниваемых веществ, относительная интенсивность которых не зависит или слабо зависит от условий разряда. В основном это линии, принадлежащие к одному классу (например дуговые или искровые), но степень гомологичности их должна быть тщательно исследована на опыте. Применяя также возможно постоянные условия возбуждения и контролируя это постоянство при помощи соответствующей контрольной пары линий спектра, Герлях создает двойную и даже тройную гарантию против главного врага тщательных анализов — непостоянства электрических условий разряда. В этом особенная принципиальная ценность рассматриваемого метода. По существу дела это единственно правильный путь, и нужно стремиться развивать и совершенствовать этот принцип. В тех случаях, когда по характеру спектра нельзя подыскать ни одной гомологической пары, удобной для исследования, приходится применять менее совершенный метод относительных определений. Такой случай имеет место при визуальных сравнениях линий кремния и линий железа. В этих случаях необходимо сильно повысить требования к постоянству условий возбуждения. Такова была одна из первых задач в практике Оптической лаборатории Научно-исследовательского института физики МГУ (анализ кремния в ковком чугуне). Понадобилась очень большая предварительная работа, выработка специальной аппаратуры, гарантирующей постоянство условий, для того чтобы обеспечить необходимые предпосылки измерений.

Так как подбор вполне гомологических пар дело нелегкое, желательно ограничиться минимальным числом их. Поэтому существенным улучшением первоначального метода Герляха следует признать введение фотометрических приемов, служащих для определения отношения интенсивностей линий пары (вместо оценки равенства их на глаз).

Существует несколько приемов фотометрирования, как визуальных, так и фотографических.

В общих чертах задачу можно считать разрешенной, хотя возможны и желательны дальнейшие усовершенствования.

Таким образом по сравнению с 1926 г. мы имеем по существу вполне доброкачественные методы, позволяющие решать многообразные практические задачи большой важности и решать их вполне удовлетворительно. Я не буду касаться уже достигнутых в этом отношении успехов, как и не буду останавливаться на важных проблемах, стоящих на очереди. Об этом будут говорить другие докладчики и товарищи, которые выступят в прениях¹.

Я хочу остановиться только на двух-трех проблемах, решение которых актуально для прогресса спектрального анализа и которые в то же время представляют по существу физическую задачу.

Мы касаемся проблем такого рода, которые Конен считал недоступными исследованию в виду их сложности.

Фундаментальным вопросом, от решения которого зависит по существу вся судьба спектрального анализа, является вопрос о зависимости интенсивности линий исследуемого вещества от состава электродов или облака, окружающего электроды. Само собой разумеется, что если при неконтролируемом изменении каких-либо побочных компонентов электрода будет сильно изменяться интенсивность исследуемой линии, то практически анализ сделается невозможным. Вопрос о посторонних примесях очень важен для анализа легированных сталей, где добавочные компоненты достигают содержания в 20% и более, и особенно руд, состав которых вообще заранее не известен. Влияние состава на общую интенсивность спектра несомненно и легко понятно, ибо условия разряда могут сильно от него зависеть; поэтому естественно, что абсолютная интенсивность линий может в сильной степени зависеть от этого фактора (лишний аргумент против метода «абсолютной» интенсивности). Вопрос же о влиянии этого фактора на относительную интенсивность линий представляется гораздо более сложным. До сих пор экспериментальные данные в этом вопросе довольно бедны, не систематичны и случайны. Вольшого значения эта опасность повидимому не имеет, хотя при возрастающей точности анализов она должна быть тщательно изучена.

С теоретической точки зрения можно указать на несколько причин, могущих играть роль в явлении. Во-первых, прямое действие примеси, атомы которой, входя в облако, могут конкурировать с атомами исследуемых веществ и затруднять их возбуждение. Такое спектроскопическое воздействие хорошо известно в газовом разряде при значительной разности потенциалов возбуждения обоих компонентов (например кон-

¹ Несколько подробнее об этом см. доклад С. Л. Мандельштама.

курения атомов ртути и аргона в ртутно-аргонных лампах). В дугах и искрах, применяемых для спектрального анализа, повидимому это явление не выступает особенно резко. Одна из причин различия между тем и другим разрядом, может быть, заключается в том, что, когда разряд происходит в атмосфере, облако состоит главным образом из атомов атмосферных газов и концентрация интересующих нас паров металла ничтожно мала. Результаты возбуждения определяются главным образом этими постоянными компонентами атмосферы, и добавление тех или иных примесей в облако играет второстепенную роль. Окончательный результат зависит вероятно от соотношения концентраций всех компонентов в облаке и их потенциалов возбуждения, катодного падения, зависимости его от состава атмосферы и электродов и вообще от микропараметров разряда. Исследование всех этих вопросов с экспериментальной стороны вполне возможно и может пролить свет на сущность происходящих здесь явлений и позволить использовать их или управлять ими. Другая причина, могущая играть роль в этом явлении, так сказать, косвенная причина, может состоять во влиянии добавочных примесей на легкость испарения или диссоциации интересующего нас компонента.

Эта сторона вопроса стоит близко ко второй из проблем, представляющих известный интерес. Наблюдались случаи влияния на результаты анализа сравнительно второстепенных изменений в составе образца или даже только в его структуре. Так например, в наших исследованиях на результаты анализа кремния в чугунах влияло то обстоятельство, имели ли мы дело с ковким чугуном или с серым, очень близким к нему по химическому составу, но отличным по технологическим свойствам. Более того, даже термическая обработка ковкого чугуна, совершенно не изменяющая химического состава его, вела к изменению результата анализа. Здесь повидимому играют роль изменения в легкости испарения или диссоциации исследуемого компонента. Изучение этих явлений должно внести ясность в представление о характере происходящих процессов и может быть использовано для решения вопросов о свойствах этих трудно исследуемых сплавов¹.

Я ограничиваюсь этими примерами, оставляя в стороне большое разнообразие физических вопросов, связанных с исследованием процессов в источниках спектров, решение которых позволило бы рационально управлять возбуждением спектральных линий и значительно повысить чувствительность спектрально-аналитических методов путем уменьшения сплошного фона спектрограмм, увеличения относительной интенсивности исследуемых линий, связанной с выделением наиболее важных стадий разряда, и т. д.

¹ Еще больший интерес имеет исследование аналогичных явлений в рудах, где на них может быть основан метод определения химического соединения, в котором встречается изучаемый элемент (см. выступление С. М. Леви).

Я хотел бы однако посвятить еще несколько слов одному, казалось бы, простому вопросу, который однако, как показывает практика, является источником многих и нередко серьезных затруднений. Речь идет о точности спектрально-аналитических методов и об оценке ошибок наблюдений. К сожалению в этом вопросе практические работники часто обнаруживают явное непонимание. Нередко можно встретить оценку точности в так называемых «сотках», т. е. сотых долях процента, по абсолютной величине, и значение относительной ошибки зачастую не создается техниками. Даже большинство авторов спектрально-аналитических работ часто плохо разбирается в этих вопросах. Чрезвычайно распространено убеждение, что если ошибка метода оценена $\pm a\%$, то большая ошибка вообще невозможна, причем путь установления этого значения ошибки совершенно не ясен лицам, пользующимся результатами метода. Очень распространен метод сравнения результатов спектрального анализа с результатами анализа химического, причем совершенно отсутствует ясность в оценке погрешности этого последнего. Не редки утверждения, что если среднее из нескольких измерений близко к измеряемой величине, то ошибка метода близка к нулю. Заключение о точности метода и оценка ошибки часто делаются на основании весьма ограниченного числа наблюдений, хорошо совпадающих с контрольными данными. Даже в тех случаях, когда автор имеет в своем распоряжении довольно обширный числовой материал, что к сожалению бывает сравнительно редко, ошибка часто оценивается «на-глазок», и в лучшем случае автор, оценивая точность метода относительной ошибкой, скажем, в $\pm 10\%$, имеет смутное ощущение, что ошибки, превышающие эту величину, встречаются сравнительно редко.

Результаты всей этой путаницы крайне вредно отражаются на положении дела. Благодаря разнобою и неопределенности в оценке ошибок весьма затрудняется, а иногда делается и невозможным сравнение отдельных методов между собой. Требования, предъявляемые практикой, часто сформулированы совершенно неправильно, и, наоборот, практики сплошь и рядом совершенно неправильно понимают утверждения, высказываемые относительно точности метода, и не в состоянии беспристрастно оценить, является ли данный метод пригодным для техники. Совершенно понятно, что необходимо во всю эту область, равно как и вообще во все оценки точности методов, независимо от того, имеем ли мы дело с химическими или физическими приемами анализа, ввести единственно правильный и хорошо известный прием, покоящийся на гауссовой теории ошибок. Точность метода характеризуется распределением ошибок, т. е. гауссовой кривой, и может быть выражена вполне однозначно установлением ошибки отдельного измерения. При этом конечно можно в качестве характеристики брать или среднюю квадратическую или вероятную ошибку; необходимо однако в це-

лях сравнения различных методов между собой остановиться раз навсегда на какой-нибудь одной. Я предлагаю установить в качестве такой характеристики вероятную ошибку отдельного измерения. Только когда практические работники будут ясно понимать, что означает такая оценка, т. е. как часто можно ждать появления ошибки той или иной величины,—только тогда они смогут сознательно оценить пригодность или непригодность данного метода к определенной практической задаче. Понятно, что всегда остается возможность повысить точность результата анализа, увеличивая число испытаний, т. е. рассматривая в качестве отдельного измерения среднее некоторой серии их. Этот прием сопровождается удлинением времени, потребного на анализ, и только полная и сознательная характеристика требований задачи — длительность анализа и допустимое распределение ошибок — позволит найти наилучший путь, удовлетворяющий практику. Поэтому необходимо не только систематически проводить этот прием характеристики точности методов во всех аналитических исследованиях, но нужно также культивировать понимание этих идей среди практиков. Важность этого положения хорошо осознана руководящими работниками, и журнал «Заводская лаборатория» предполагает посвятить ряд статей дискуссии этого вопроса.

Постановка этого вопроса также и на сессии Физической группы будет способствовать более быстрому проникновению высказанных соображений в массу работников.

В заключение своего доклада я хотел бы в нескольких словах оценить тот масштаб, в котором за последние годы разворачиваются работы по спектральному анализу и у нас и за границей.

Я уже указывал, что спектрально-аналитические исследования за границей стали развиваться довольно систематически лет 20 назад. Последние 10 лет характеризуются интенсивным ростом их как в качественном, так и в количественном отношении. Можно насчитать 5—6 крупных центров исследовательской работы по спектральному анализу, главным образом в Германии, Англии и США. Сюда относятся лаборатории Герляха и Шайбе, и Гольдшмидта (Германия), лаборатории Тваймана (при оптической фирме Хильгер) и Смита (Англия). Ряд крупных лабораторий имеется при промышленных предприятиях (Манн, Крупп, Алюминиевая компания, Платиновое общество и др.). Несомненно, что очень многие работы, в публикациях которых лишь очень глухо проскальзывает намек на источники, субсидирующие работу, возникли по заданиям и на средства промышленных предприятий. По устным сведениям в авиационной промышленности Франции спектрально-аналитические методы вытесняют методы химические. Общее число работ по спектральному анализу, опубликованных за границей за последние три года, достигает полутора ста, причем часть их посвящена методическим вопросам, часть же занимается решением

практических проблем из области металлургии, анализа руд и минералов и биологических и медицинских задач.

У нас в СССР работы по спектральному анализу стали принимать характер систематических исследований за последние 3—4 года. За это время не только определились лаборатории, систематически разрабатывающие проблемы спектрального анализа, но началось довольно широкое внедрение спектрально-аналитических методов в технику и промышленность. В настоящее время кроме лабораторий, имеющих характер исследовательских центров (как например Оптическая лаборатория Научно-исследовательского института физики МГУ или Спектральная лаборатория Государственного оптического института), создан ряд научных ячеек при отраслевых исследовательских институтах и крупных заводах, которые не только систематически применяют разработанные методы анализа в повседневной практике, но и самостоятельно ставят и решают новые методические задачи. К числу таких лабораторий следует отнести лаборатории при Всесоюзном институте авиационных материалов, ЗИС, НИСЗолото, Всесоюзном институте минерального сырья, заводе № 95, Московском авиационном институте и некоторые другие. Весьма значительно число заводов и геологических партий, которые, не претендуя на разработку новых методов, пользуются выработанными приемами в качестве регулярных методов анализа. Вряд ли я ошибусь, если оценю число таких пунктов цифрой 25—30. За указанные 3—4 года число опубликованных в СССР работ достигает 50, что следует признать не малой цифрой, если принять во внимание новизну у нас этого дела.

Необходимо отметить, что темп развития спектрально-аналитических исследований и особенно масштаб внедрения их в производство сильно задерживаются теми трудностями, которые встречает у нас изготовление необходимых аппаратов. Производство спектральной аппаратуры у нас в Союзе вообще еще не поставлено, а 4 года назад, когда началась работа Оптической лаборатории НИИФ, его и вообще не существовало. Ориентироваться на выпуск зарубежных приборов было невозможно, поэтому мы с первых же шагов наряду с исследовательской работой поставили перед собой задачу конструирования и изготовления спектральной аппаратуры. Это, с одной стороны, позволяет предлагать промышленности не принципиально-пригодный метод, а реально осуществимую возможность спектрального анализа. С другой стороны, наличие специальных конструкций позволяет решать конкретную задачу наиболее совершенным приемом. Этому примеру последовал и ГОИ, который также развил конструкторскую работу, так что в настоящее время мы располагаем несколькими уже опробованными на практике конструкциями спектральных аппаратов, приспособленных для наблюдений в видимом и ультрафиолетовом свете, пригодных как для визуальных, так и для фотографических методов, а также приемами и при-

борами для фотометрических измерений, как визуальных, так и фотографических. Однако до сих пор не организовано производство этих приборов в необходимом количестве, и сессия Физической группы должна поставить со всей серьезностью вопрос о производстве спектральной аппаратуры, ибо без этого начавшееся столь успешно внедрение спектрально-аналитических методов в технику пойдет недостаточными темпами.

Вторым препятствием для развития у нас спектральных методов анализа является недостаток достаточно квалифицированных кадров. Вскоре после того, как работы Оптической лаборатории НИИФ получили некоторую известность, к нам стали поступать обращения от ряда заводов, где имелось импортное спектральное оборудование, в течение нескольких лет не находившее себе применения вследствие отсутствия людей, могущих его использовать.

Разработав для этих заводов соответствующие методы и направив туда обученный персонал, мы смогли создать в этих предприятиях небольшие спектральные лаборатории. Поэтому вопрос о кадрах является и для этой отрасли деятельности крайне актуальным. Необходимо обеспечить выпуск известного числа физиков-спектроскопистов, могущих стать во главе таких заводских и институтских лабораторий; в то же время надо поставить обучение практических заводских работников — инженеров, химиков и лаборантов — для того, чтобы научить их применению уже готовых методов и обращению с имеющейся аппаратурой, равно как и вооружить их общими сведениями, которые позволят им в заводской обстановке находить новые области применения спектрально-аналитических приемов. Воспитание таких кадров вместе с созданием на русском языке необходимой литературы, как научной, так и научно-популярной и узко-практической, создадут необходимые предпосылки для широкого внедрения спектральных методов в технику. Одновременно с этим будет накапливаться чисто теоретический материал, который позволит разрешить до конца ряд возникающих при этих исследованиях вопросов и подвести теоретическую базу под многие чисто эмпирические приемы решения аналитических задач. Сессия Физической группы должна принять ряд постановлений, которые позволят решить задачу и о создании кадров и о создании литературы в более широком масштабе, чем это под силу отдельным лицам и лабораториям. В этом смысле сессия Физической группы может стать поворотным моментом в развитии интересующей нас проблемы для СССР: инициатива отдельных лиц и учреждений, доказавшая практическую ценность спектральных методов, должна быть заменена организованной и планомерной работой, направляемой и объединяемой Физической группой Академии Наук СССР.

Физический институт им. П. Н. Лебедева.

Академия Наук СССР. Москва.