О ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ГАЙТЛЕРА И ЛОНДОНА КАК ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНО-МЕЗОМЕРНОЙ ТЕОРИИ И О ПОРОЧНОСТИ ЭТОЙ ОСНОВЫ

М. И. Батуев

1. В ходе дискуссии по теории химического строения выявилась точка зрения, согласно которой резонансно-мезомерная теория никак не вытекает из квантовой механики. Сторонники этой точки зрения подчеркивают якобы глубокую ошибочность утверждения, что резонансно-мезомерная теория является следствием квантовой механики, так как это утверждение может привести к заключению о наличии зерна истины в резонансно-мезомерной теории. Согласно указанной точке зрения резонансно-мезомерная теория представляет собой всего лишь неверную, поверхностную интерпретацию одного из квантово-механических методов расчета молекул — метода электронных пар, сам же по себе этот метод никакого отношения к ней не имеет; резонансно-мезомерная теория — лишь спекуляция на квантовой механике и т. д.

Нам эта точка зрения кажется неправильной. Резонансно-мезомерная теория является попыткой грубого качественного переноса теории химической связи Гайтлера и Лондона, развитой ими на примере простой молекулы водорода, на более сложные молекулы. Именно сама теория химической связи Гайтлера и Лондона является не чем иным, как основоположницей резонансно-мезомерной теории. Все основные идеи резонансно-мезомерной теории заложены в теории Гайтлера и Лондона. Порочна в своих основах эта последняя теория, а в резонансно-мезомерной теории эта порочность получила лишь дальнейшее развитие и приобрела наиболее грубые и вульгарные формы. Вскрыть порочность основ резонансно-мезомерной теории — это значит вскрыть прежде всего порочность основ теории химической связи Гайтлера и Лондона, что мы и попытаемся сделать в настоящей статье*.

2. Выясним сначала, как авторы резонансно-мезомерной теории и наиболее видные ее пропагандисты смотрят на связь этой теории с теорией химической связи Гайтлера и Лондона, как на нее смотрят сами Гайтлер и Лондон и представители физики.

Паулинг, приступая к изложению существа резонансной теории, пишет [2]: «До 1927 г. не было удовлетворительной теории, объясняющей природу ковалентной связи. Начало развития теории ковалентной связи, излагаемой в следующем разделе (о резонансной теории.— *М. Б.*), было положено только в 1927 г. работой Гайтлера и Лондона о молекуле водорода». И вместе с тем он напоминает [3]: «Концепция резонанса была введена в квантовую механику Гейзенбергом в связи с исследованием квантовых состояний атома гелия»** и ссылается на его работу 1926 г. [4].

Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина пишут в своей монографии о теории Гайтлера и Лондона как об основоположнице теории резонанса Паулинга и указывают, что последний развил далее идею суперпозиции, или резонанса состояний (структур) теории Гайтлера и Лондона. «Работа этих авторов,— пишут они [5], имея в виду Гайтлера и Лондона,— имеет принципиальное значение для понимания химической связи... Напомним рассмотренный выше пример молекулы H_2. По Гайтлеру и Лондону в ней возможны два состояния: одно — когда первый электрон находится у ядра a, а второй — у ядра b; другое — с первым электроном у b и вторым у a.... Оба состояния накладываются друг на друга и сосуществуют в одной молекуле... Точно так же в молекуле бензола — ни одну из двух валентных схем нельзя предпочесть другой (структуры Кекуле.— *М. Б.*). В действительности электрон первого атома может с равной вероятностью обмениваться как с электроном второго, так и шестого. Следовательно, обе структуры сосуществуют в каждой молекуле... Идея суперпозиции или резонанса валентных структур была развита Слэтером и Паулингом».

М. И. Кабачник пишет [6]: «Теория резонанса развилась из квантово-механической теории химической связи Гайтлера и Лондона».

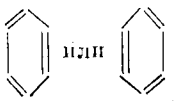
Мы не будем далее останавливаться на свидетельствах активных сторонников и пропагандистов резонансно-мезомерной теории, обратимся к свидетельству самих Гайтлера и Лондона.

---

* Вопрос этот был нами вкратце затронут в одной из предыдущих статей [1].

** К 1927 г., т. е. к моменту появления теории Гайтлера и Лондона, теории квантово-механического резонанса Гайзенберга, в химии уже были выдвинуты Ингольдом, Арндтом и др. в качественном виде, не облеченные еще в форму развитой теории, мезомерные представления, влившиеся затем в единую резонансно-мезомерную теорию. Однако на этой стороне дела мы останавливаться в настоящей статье не будем.

Гайтлер, излагая свою с Лондоном теорию молекулы водорода, пишет [7]: «Причина образования молекулы лежит в квантово-механическом эффекте обмена, причем главную часть энергии связи представляет обменная энергия», которая получила в работах Паулинга и др., как известно [8], название резонансной, а эффект электронного обмена в молекуле водорода в этих работах рассматривался ими как наиболее простой случай резонанса структур, суперпозиции состояний и т. д. Термином резонанс пользуется и сам Гайтлер, он пишет, экстраполируя введенный им с Лондоном эффект электронного обмена в молекуле водорода на более сложные молекулы [9]: «Существуют такие молекулы, в которых связи не локализованы даже приблизительно. Это будет, например, случай двух эквивалентных структур, которые a priori имеют равные энергии. Наиболее замечательный пример представляет бензольное кольцо с двумя возможными структурами:



Ясно, что волновая функция будет содержать обе структуры в равных пропорциях. Обе структуры находятся как бы в резонансе... Такие молекулы особенно стабильны, так как энергия связи увеличивается из-за резонанса». Даже стиль чистейший паулинговский!

Ни Паулинг, ни кто-либо другой, а сами Гайтлер и Лондон с полным знанием своего собственного дела, в первой же своей статье в 1927 г., в которой они развили теорию химической связи на примере молекулы водорода, указывают на связь этой их теории с понятием квантово-механического резонанса, за год до того (в 1926 г.), введенного Гейзенбергом. Они пишут в этой первой своей статье [10]: «Однако более существенным и решающим для понимания возможного между двумя нейтральными атомами способа связи является характерное квантово-механическое явление биения (Schwebungsphänomen; имеется в виду эффект обмена.— *М. Б.*), которое близко родственно найденному Гейзенбергом резонансному биению (Resonanzschwebungen)». Или: «Все явление (явление обмена.— *М. Б.*) близко родственно с явлением квантово-механического резонанса (quantenmechanischen Resonanzphänomen), с которым имеет дело Гейзенберг» [11].

Таким образом, сами Гайтлер и Лондон указывают на непосредственную связь своей теории как с теорией квантово-механического резонанса Гейзенберга, так и с качественно перенесенной их теорией на случай более сложных молекул — с теорией резонанса.

Обратимся теперь к свидетельствам некоторых физиков.

Д. И. Блохинцев в своей монографии «Основы квантовой механики» пишет, имея в виду теорию молекулы водорода Гайтлера и Лондона [12]: «Успешное решение проблемы молекулы H_2 средствами квантовой механики послужило исходным пунктом для квантовой теории гомеополярной валентности. Не имея здесь возможности входить в подробное освещение этого вопроса, ограничимся немногими замечаниями». Здесь Д. И. Блохинцев делает ссылку: «Подробное изложение этого вопроса читатель найдет в книгах: Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина, «Химическая связь и строение молекул», Гостехиздат, 1946; М. Борн, «Химическая связь и квантовая механика», ДНТВУ, 1932 г.»

Но как мы видели, Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина в своей монографии считают теорию Гайтлера и Лондона родоначальницей резонансно-мезомерной теории. Что касается Борна, то хотя его монография в оригинале вышла в 1931 г., но он целиком сомкнул в ней теорию Гайтлера и Лондона с уже развитой тогда в ряде статей Паулингом, Слэтером теорией резонанса, принимая ее как дальнейший шаг в разработке теории Гайтлера и Лондона. В соответствии с концепцией Паулинга, Борн говорит о наложении валентных состояний в одной молекуле [13]: «Фактически «чисто валентному состоянию», символически описываемому химической структурной формулой, не соответствует состояние определенной энергии. В смысле квантовой механики такое состояние характеризуется не собственным значением энергии, а другими величинами. Энергетические состояния являются, вообще говоря, наложением чисто валентных состояний».

Таким образом, через указанные монографии Д. И. Блохинцев смыкает теорию Гайтлера и Лондона с резонансно-мезомерной теорией.

Остановимся еще на очень ясном по интересующему нас вопросу высказывании В. Н. Кондратьева. Он пишет в своей монографии, имея в виду теорию Гайтлера и Лондона [14]:

«Согласно волновой теории молекулы, необходимо считаться с так называемым резонансом различных состояний молекулы, или резонансом структур. По существу с такого рода резонансом мы имели уже дело в случае молекулы водорода, где резонирующими состояниями являлись два следующих состояния: 1) состояние, когда первый электрон связан с атомом a и второй — с атомом b, и 2) состояние, когда первый электрон связан с атомом b и другой — с атомом a. В соответствии с этим для описания нормального состояния молекулы H_2 была выбрана функция:

$$\psi = \psi_a(1)\,\psi_b(2) + \psi_a(2)\,\psi_b(1),$$

представляющая собой сумму функций, отвечающих каждая одному из двух резонирующих состояний. Как мы видели выше, только при допущении сосуществования (резонанса) этих двух состояний химическое взаимодействие атомов в молекуле водорода получает правильное истолкование. Такого рода резонанс имеет место и между отдельными состояниями молекулы, причем, строго говоря, все возможные состояния молекулы между собою резонируют. Практически, однако, наиболее существенным является резонанс энергетически близких состояний»... «Роль резонанса особенно велика в случае сложных органических молекул, где, именно в силу сложности молекулы, случаи энергетически близких состояний особенно часты. Рассмотрим, например, молекулу бензола... Совершенно очевидно, что в этом случае обе структуры (структуры Кекуле.— *М. Б.*) совершенно эквивалентны одна другой. Поэтому здесь можно говорить с прямой определенностью о резонансе структур, из чего, в частности, следует эквивалентность всех шести связей между атомами углерода в бензольном кольце».

Мы могли бы значительно увеличить число свидетельств для доказательства того, что теория химической связи Гайтлера и Лондона является основоположницей резонансно-мезомерной теории, однако для этого мы полагаем вполне достаточно и приведенных выше высказываний. Но отсюда вытекает, что резонансно-мезомерная теория химической связи является по существу теорией Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда.

Нет надобности доказывать, что теория химической связи Гайтлера и Лондона является общепризнанной в физике, как квантово-механическое решение проблемы гомеополярной связи. Но это и значит, что в создании, развитии и пропаганде резонансно-мезомерной теории приняла участие не только химия, но и физика.

«Заслуга» Паулинга, Уэланда, Ингольда и др. заключается в доведении до химиков в качественном виде идеи резонансно-мезомерной теории и в вооружении их новыми понятиями — в расчете (по словам Паулинга) на интуицию химиков. Ремик следующим образом характеризует «заслуги» Паулинга перед химией [15]: «Квантово-механические принципы, связанные с концепцией резонанса, нашли себе вскоре приложение и к химическим проблемам благодаря трудам ряда ученых, среди которых первое место принадлежит Линусу Паулингу. К сожалению, лишь немногие химики имеют достаточную подготовку по физике и математике, чтобы свободно пользоваться методами квантовой механики. Поэтому химики должны быть благодарны Паулингу за его книгу «Природа химической связи», в которой он без детальной математической обработки излагает результаты, полученные в этой области квантовой механикой».

Сам Паулинг ставит своей задачей «натаскать» химиков, используя их интуицию, в резонансно-мезомерной теории. Он пишет [16]: «Я полагаю, что химик может получить правильное и полезное интуитивное понимание концепции резонанса, изучая приложения ее к различным проблемам, о которых речь идет в этой книге». «При известной практике,— пишет Паулинг [17].— развивается интуиция, позволяющая пользоваться новыми представлениями также свободно, как и старыми понятиями валентной связи, тетраэдрического атома углерода и т. д., лежащими в основе классической структурной химии».

Многие химики поддались искушению получить интуитивное «понимание». Началась тренировка химиков по развитию интуиции в направлении изгнания из сознания идей структурной химии и одновременно — тренировка по внедрению фразеологии «резонанса», утверждавшей, что нет молекулы, обладающей в определенных условиях единой структурой, а есть какое-то число структур, как-то непонятным образом одновременно существующих в одной и той же молекуле. Паулинг так и определял задачи новой теории [17]: «Основное значение квантовой механики для химии заключается во внедрении новых идей, как, например, представления о резонансе молекул между несколькими электронными структурами».

Некоторые круги химиков начали привыкать, по предсказанию Паулинга, к принципиально непонятному сосуществованию в одной молекуле в одно и то же время многих структур. Начался резонансно-мезомерный разгул бредового «творчества», когда одержимый экстазом интуитивного, по Паулингу, постижения резонансных структур (а число их может достигать не одной сотни), «выкликал» эти структуры, объявляя их «предсуществующими», «сосуществующими», «федеративно сосуществующими» в единой молекуле и т. д., и т. д., для большей ясности и понятности ставя эти слова в кавычки; оказывалось, что единая реальная молекула состоит из того или иного числа участвующих лишь в е е о п и с а н и и чисто умозрительных структур и т. п.

Пропагандой всей этой мистики и схоластики резонансно-мезомерной «теории» около 15 лет занимаются и некоторые космополитически настроенные советские ученые, наивно доверившиеся Паулингу и Ингольду.

При этом интуитивном, по Паулингу, бредовом творчестве забывался уже самый вопрос о квантово-механических основах резонансно-мезомерной теории; даже начали, запутывая дело, отрицать, как мы видели, квантово-механическое происхождение резонансно-мезомерной теории.

Из сказанного очевидно, что выяснение порочности теоретических основ резонансно-мезомерной теории действительно означает прежде всего выяснение порочности квантово-механических основ теории химической связи Гайтлера и Лондона, являю-

щейся, как мы видели, основоположницей резонансно-мезомерной теории, ее образцом, созданным на примере наиболее простой молекулы.

3. В теории химической связи Гайтлера и Лондона центральным и решающим моментом является, как мы видели выше из приведенных их собственных слов*, введение понятия обмена электронов. Следствием предположения этого эффекта оказывается, как известно, появление в выражении для энергии связи молекулы водорода члена, который характеризует так называемую обменную энергию, на долю которой, по расчетам, приходится большая часть всей энергии связи молекулы водорода. Гайтлер пишет о результатах своей с Лондоном теории химической связи в молекуле водорода [18]: «Причина образования молекулы лежит в квантово-механическом эффекте обмена, причем главную часть энергии связи представляет обменная энергия «A».

Что же представляет собой этот электронный обмен? Является ли он физическим процессом перескоков электронов между ядрами a и b, протекающим во времени?

Ответ на этот вопрос в рассматриваемой теории дается категорически отрицательный: электронный обмен не является физическим процессом, протекающим во времени. Рассматриваемая теория утверждает, что центральное ее понятие — обмен электронов — всецело вытекает лишь из фундаментального принципа квантовой механики — принципа тождественности или неразличимости частиц одного сорта, а исчерпывающее истолкование это понятие в теории получает при привлечении еще другого фундаментального принципа квантовой механики — принципа суперпозиции состояний. Первый принцип является как бы своего рода поставщиком состояний, второй — суперпонирует, налагает их, приводит в резонанс, в сосуществование**.

Из сказанного видно, что для уяснения существа эффекта обмена необходимо уяснить смысл этих двух фундаментальных квантово-механических принципов — 1) принципа неразличимости частиц одного сорта и 2) принципа суперпозиции.

Остановимся сначала на смысле первого принципа и его роли в рассматриваемой теории химической связи.

4. Что явление обмена электронов в рассматриваемой теории химической связи связано с принципом неразличимости — это положение является общепризнанным. Так, Д. И. Блохинцев пишет [22]: «Главную роль в образовании молекулы H_2 играют обменные силы, существование которых является особенностью самой квантовой механики... Как мы видели, для построения правильной теории молекулы H_2 необходим учет принципа Паули, т. е. принципа неразличимости частиц».

Сами родоначальники рассматриваемой теории химической связи — Гайтлер и Лондон — подчеркивают, что введенный ими эффект обмена электронов ни в коей мере не означает реального физического процесса, происходящего в индивидуальной молекуле водорода, а вытекает из принципа неразличимости. Так, Гайтлер пишет [23]: «Можно было бы подумать, что электроны действительно меняются местами с частотой A/h, так как A (обменная энергия.— *М. Б.*) вызвано возможностью обмена электронов. Но это неверно. Главное в явлении обмена заключается в том, что электроны не отличимы друг от друга и потому обмен электронов принципиально нельзя наблюдать» (разрядка моя.— *М. Б.*).

Сначала говорится об обмене электронов, дается его схема, расчеты, а потом утверждается, что во всем этом нет даже и намека на какой-либо физический реальный акт обмена, его нельзя даже мыслить и предполагать. Эту своего рода мистическую непонятность Гайтлер утверждает, он пишет [23]: «Природа эффекта обмена целиком квантово-механическая, и лучше принимать ее как один из фундаментальных фактов, лежащих в основе квантовой механики», т. е. без всяких рассуждений. Забегая вперед, отметим, что эта якобы принципиальная непонятность обменного эффекта находится

---

* См. выше ссылки [10] и [11].

** Изложив подробно теорию Гайтлера и Лондона, Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина пишут про молекулу водорода [19]: «Таким образом, причиной взаимодействия нейтральных атомов является неразличимость электронов, их обмен и резонанс состояний» (суперпозиция).

Воспроизводит эти положения и другой пропагандист резонансно-мезомерной теории М. И. Кабачник в статье, в которой он подробно раскрывает тождество теории резонанса Паулинга и теории мезомерии Ингольда и, суля им несомненное блестящее будущее, говорит об этом тождестве двух теорий [20]: «Представление об обменном механизме химической связи, осуществленной при помощи пары электронов с антипараллельными спинами, и представление о неразличимости и делокализации электронов имеют более общий характер и вряд ли будут отброшены со временем. Однако именно в этих представлениях и заключается общее основание обеих теорий». Обе эти теории, единые в своем существе, привлекают, по М. И. Кабачнику, для раскрытия сущности обменного механизма химической связи «суперпозицию, т. е. резонанс состояний» [21]. Он пишет [21]: «Отдельные резонансные состояния являются абстракциями в том смысле, что как таковые — вне суперпозиции с другими — они не существуют; реальные же молекулы являются «гибридами» этих резонансных форм. В этом отличие резонанса от таутомерии, где существуют отдельные молекулы с различными структурами».

в полной гармонии с «туманом принципиальной непонятности», который обычно напускается в работах идеалистической копенгагенской школы, и она всецело вытекает из несостоятельности развиваемой теории, а не является, конечно, свойством исследуемого объекта, как такового.

Как же формулируется в квантовой механике принцип неразличимости частиц одного сорта?

«Согласно этому принципу,— пишет Д. И. Блохинцев [24],— обмен любой пары одинаковых частиц... не ведет к физически новому состоянию».

Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц пишут [25]: «В квантовой механике принципиально не существует никакой возможности следить в отдельности за каждой из одинаковых частиц и тем самым различать их. Можно сказать, что в квантовой механике одинаковые частицы полностью теряют свою «индивидуальность». Одинаковость частиц по их физическим свойствам имеет здесь весьма глубокий характер — она приводит к полной неразличимости частиц. Этот, как говорят, принцип неразличимости одинаковых частиц играет основную роль при квантово-механическом исследовании систем, состоящих из одинаковых частиц».

Очевидно, приведенных определений принципа неразличимости самих по себе еще недостаточно. Надо глубже выяснить, где корни этого принципа в квантовой механике, чтобы разобраться, в чем сущность обмена электронов в теории Гайтлера и Лондона и каково происхождение отмеченного выше «тумана принципиальной непонятности» этой теории.

Корни принципа неразличимости частиц в квантовой механике специфичны, они уходят в принцип неопределенности. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц пишут по этому поводу [26]: «В классической механике одинаковые частицы (скажем, электроны), несмотря на тождественность их физических свойств, не теряют все же своей «индивидуальности»... В квантовой же механике положение совершенно меняется, к а к э т о с л е д у е т н е п о с р е д с т в е н н о и з п р и н ц и п а н е о п р е д е л е н н о с т и. Уже неоднократно указывалось, что в силу принципа неопределенности понятие о траектории электрона полностью теряет смысл. Если положение электрона точно известно в настоящий момент времени, то уже в бесконечно близкий момент времени его координаты вообще не имеют никакого определенного значения. Поэтому, локализовав электроны и перенумеровав их в некоторый момент времени, мы этим ничего не добьемся для целей их идентифицирования в дальнейшие моменты времени; локализовав один из электронов в другой момент времени в некоторой точке пространства, мы не сможем указать, какой именно из электронов попал в эту точку» (подчеркнуто мною.— *М. Б.*).

Д. И. Блохинцев развивает аналогичные мысли в пояснение принципа неразличимости частиц, приводя соответствующие графики [27].

Непосредственная связь принципа неразличимости частиц с соотношением неопределенности указывает на необходимость для уразумения существа интересующего нас принципа неразличимости, хотя бы вкратце остановиться на природе фундаментального положения современной квантовой механики — соотношения неопределенности.

5. К. В. Никольский — первый советский физик, который еще в 1940 г. обратил внимание в своих работах на статистическую природу принципа неопределенности и весьма отчетливо показал, что при помощи этого принципа в квантовой механике формируется само понятие квантово-механического статистического ансамбля, с которым (а не с индивидуальной частицей) квантовая механика только и имеет дело. Вскрывая статистическую природу принципа неопределенности

$$\Delta p \cdot \Delta q \geqslant h / 2,$$

К. В. Никольский пишет [28]: «Условие $\Delta p \to 0$ (или $\Delta q \to 0$), т. е. условие создания ансамбля из частиц с заданным импульсом, означает, вместе с тем, что $\Delta q \to \infty$ (или $\Delta p \to \infty$), т. е. означает п р и в л е ч е н и е в а н с а м б л ь ч а с т и ц с л ю б о й к о о р д и н а т о й и л и л ю б ы м и м п у л ь с о м (подчеркнуто мною.— *М. Б.*). Таким образом, указанное соотношение играет роль н а ч а л ь н ы х у с л о в и й при образовании квантово-статистического ансамбля. Иначе говоря, вся задача с самого начала ставится этими начальными условиями. Речь идет в них, если можно так выразиться, о «препарировании» статистического коллектива. Различие между классической и квантовой теорией заключается в этом, и только в этом различии физических у с л о в и й о б р а з о в а н и я статистических коллективов, объективных условий их реализации. Индивидуальные процессы современная теория видит лишь сквозь призму статистического метода и исследует их до сих пор на статистических коллективах».

Д. И. Блохинцев также подчеркивает несомненно статистическую природу принципа неопределенности. Он пишет [29]: «Соотношение неопределенности, как вытекает из самого его вывода, относится к ансамблю частиц, но не к одной частице»*.

---

* Аналогичное понимание соотношения неопределенности высказывает и Л. И. Мандельштам. Он пишет [30]: «В е л и ч и н ы к в а н т о в о й м е х а н и к и о т н о с я т с я н е к и н д и в и д у а л ь н ы м с л у ч а я м, а к с о в о

В классической механике индивидуальность частицы сохраняется тем, что задаются в принципе с какой угодно предельной точностью начальные значения ее координаты q и импульса p, даже если эта частица входит в статистическую их совокупность, благодаря чему в соответствии с законами движения классической механики может быть прослежена в дальнейшем вся индивидуальная траектория этой частицы. В квантовой же механике, как это следует из сказанного выше, мы такой полной и однозначной детерминированности индивидуальной частицы принципиально иметь не можем и не потому, что отсутствием такой детерминированности характеризуется бытие частицы как таковой, а всего лишь из-за исходных предпосылок квантово-механического метода: квантовая механика имеет дело не с индивидуальными частицами, а с квантово-механическими статистическими совокупностями, начальные условия которой задаются именно так, что индивидуальная частица как таковая в этой совокупности остается точно нефиксированной, ее путь — непрослеживаемым.

Таким образом, квантовая теория по самым исходным своим положениям — статистическая наука, имеющая дело только со специфическими статистическими совокупностями, которые «селекционируются» из объективной действительности на основе соотношения неопределенности. Поэтому в квантовой механике и не имеет смысла и просто нет возможности говорить об индивидуальных траекториях индивидуальной частицы, а не потому, что электрон и другие частицы не детерминированы в пространстве и времени и т. п. У квантовой механики в современном ее виде просто нет средств по характеру ее метода отразить эту детерминированность, а не эта последняя отсутствует у микрочастицы. Квантовая механика фиксирует частицу при помощи таких ее признаков и притом с первого же момента, как члена такой статистической совокупности (отобранной объективным по своему содержанию принципом неопределенности), что ее следы в этой статистической совокупности для метода квантовой механики теряются, но это не значит, что теряется детерминированность частицы и ее совершенно индивидуальный путь как таковой. Все это лишь указывает на то, что требуется более углубленное представление о волновых и корпускулярных свойствах материи *, чтобы на основании соответствующих новых признаков и характеристик дать полную детерминированность частицы как в ее начальных условиях, так по ним и по соответствующим законам движения — в любой последующий момент времени.

Статистичность квантовой механики — это характеристика ее метода, а не свойство бытия частиц как таковых. Для познания индивидуальной микрочастицы как таковой, во всех ее взаимосвязях в пространстве и времени, требуется принципиально иной, не статистический метод с его принципом отбора — соотношением неопределенности.

Обсуждая эти вопросы, К. В. Никольский писал по этому поводу [33]: «В квантовой... механике, в ее современном состоянии, отдельная от статистики теория индивидуального процесса не дана и не лежит в основе ее метода. Квантовая

купностям. Соотношение неопределенностей Гайзенберга показывает, что квантово-механический формализм не противоречив только в том случае, если совокупности обладают — некоторым свойством, а именно тем, что между стандартом импульса и стандартом координаты существует неравенство

$$\Delta p \, \Delta q \geqslant h / 2.$$

Иными словами, в теории отрицается содержательный смысл каких бы то ни было высказываний относительно таких совокупностей, в котором одновременно координаты и импульс имеют определенное значение.

Классическая теоретическая механика в противоположность этому имеет дело преимущественно с индивидуальными явлениями, или, что в конце концов то же самое, с совокупностями, в которых обе величины — и q, и p — имеют одновременно вполне определенные значения...

Утверждение возможности беспредельного уточнения начальных условий и q, и p и соответственно беспредельного уточнения предсказания будущих значений этих величин при помощи соответствующего математического аппарата — характерная и существенная черта классической механики...

Формализм классической механики приурочен именно к этому предельному случаю и позволяет предсказать будущие значения координат и импульсов с той же точностью, какою обладают начальные значения, т. е., в пределе — с абсолютной точностью...

Соотношение Гайзенберга, как мы только что видели, показывает, что квантовая теория отрицает принципиальную возможность такого уточнения начальных условий, так как, согласно этому соотношению, произведения стандартов q и p не могут быть меньше конечной величины $h/2$. Тем самым отрицается, конечно, и точное предсказание дальнейших значений» (подчеркнуто мною.— *М. Б.*). См. к этому также о понятиях координаты, импульса и пр. в [31], [32].

* На всех этих вопросах мы в настоящей статье подробнее останавливаться не будем, так как это не требуется для решения основной задачи статьи.

механика непосредственно изучает свойства статистических процессов, не выделяя, что относится к статистике и что относится к индивидуальному процессу. Последний рассматривается ею только сквозь призму статистического метода. Этот совершенно своеобразный характер квантовой теории иногда дает повод противопоставлять ее вообще всякой классической физической теории. Совершенно естественно поставить вопрос — как получить теорию течения индивидуального микроскопического процесса, минуя статистическую методику, т. е. рассматривая его так, как рассматриваются физические процессы в классической механике или в классической теории поля. Этот чрезвычайно важный вопрос, однако, до сих пор не рассмотрен и даже не поставлен должным образом»...

6. В свете изложенного выше становится понятным смысл принципа неразличимости квантовой механики. Этот принцип, действительно, не отражает свойств реальных микрочастиц, как таковых. Неразличимость частиц в квантовой механике возникает исключительно из ограниченности ее метода, именно потому, что статистические совокупности, с которыми она имеет дело и которые она из объективной реальности «селекционировала» на основе соотношения неопределенности, принципиально исключают точное определение начальных условий частицы, а тем самым принципиально отрицается, следовательно, и точное предсказание дальнейших значений координат и импульса частиц. Существо квантово-механического статистического метода, а не реальные свойства существующих и детерминированных в этом их существовании частиц, исключает возможность прослеживать индивидуальную траекторию микрочастицы уже с самого начального момента и обуславливает затерянность именно для этого метода индивидуальной траектории частицы среди траекторий других частиц исследуемого квантово-механического статистического ансамбля.

Естественно, напрашивается вопрос: если метод современной квантовой механики принципиально исключает познание микрочастицы в ее индивидуальном существовании, то его не следует и применять в этом направлении, так как такое применение, естественно, явилось бы в корне порочным, было бы насилием над методом, его извращением и могло бы привести только к порочным результатам. Конечно, вероятностные закономерности, положения, которые квантовая механика устанавливает только для статистических совокупностей, относятся только к качественно своеобразному кругу явлений — статистических, эти закономерности просто не имеют никакого смысла (именно в силу статистической их природы) в отношении отдельной микрочастицы, как, например, понятие температуры не имеет никакого смысла в отношении отдельного атома. И если эти не имеющие в отношении индивидуальной системы никакого смысла статистические закономерности и положения тем не менее начать стремиться как-то вместить в индивидуальную систему, последняя, естественно, будет представлена в извращенном, ложном виде. Примером такого извращения и является теория Гайтлера и Лондона.

Проблема строения молекулы водорода является проблемой строения ее как индивидуальной частицы точно так же, как вообще идея химического строения ломоносовско-бутлеровской теории является идеей строения молекулы как индивидуума. Так вопрос был поставлен всем ходом исторического развития химии и оправдан почти вековым развитием мировой практики органического синтеза, подтвержден разнообразными экспериментальными физическими данными.

Если говорить о смене в молекуле H_2 состояний I и II, то при подходе к этой молекуле как к индивидуальной частице эта смена состояний непременно представляет уже определенный индивидуальный физический процесс, который и требует своего экспериментального и теоретического исследования. Все четыре частицы этой индивидуальной системы единого динамического целого не представляют подобие статистической смеси частиц газа, заключенного в некоторый сосуд. Они вполне индивидуальны, находятся в определенных друг от друга пространственно-временных физических соотношениях. Потенциал ионизации атома водорода принадлежит к числу высоких в ряду первых потенциалов элементов (он равен 312 ккал). Уже по одному этому никак нельзя представить смену состояний I и II в молекуле водорода (если бы ее удалось экспериментально обнаружить) в виде какой-то простой статистической смены, а необходимо было бы экспериментально и теоретически ее исследовать как индивидуальный физический процесс.

Если же подойти к молекуле водорода, как к квантовому статистическому ансамблю в свете охарактеризованного выше принципа неразличимости тождественных частиц, то о каком же строении индивидуальной микросистемы можно говорить, если она заранее принимается за статистическую совокупность элементарных частиц, хотя бы и под названием квантово-механической?

В молекуле бензола имеются три сорта тождественных частиц: электроны, ядра водородных атомов и углеродных. Исходя из статистического принципа неразличимости частиц одного сорта, мы должны допустить «обмен состояний» не только в отношении электронов, но и в отношении ядер водородных и углеродных атомов («внутри» каждого из трех сортов частиц в отдельности), причем, помня совершенно недвусмыс-

ленное объяснение Гайтлера,— ни о каком физическом процессе при этом не помышлять, в том числе и о частоте этого обмена — A/h (A — обменная энергия) и т. д. Смены состояний необходимо представлять себе лишь как вероятности мыслимых, возможных статистических состояний. Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина пишут про бензол [34]: «В молекуле бензола ни одну из двух валентных схем (Кекуле.— *М. Б.*) нельзя предпочесть другой. В действительности электрон первого атома может с равной вероятностью обмениваться как с электроном второго, так и шестого. Следовательно, обе структуры сосуществуют в каждой молекуле». Но при последовательно проведенной в отношении молекулы бензола квантово-статистической точке зрения, на основе принципа неразличимости, необходимо говорить в то же время и об обмене первого углеродного атома с шестым и т. д., а также и водородных атомов соответственно, т. е. о всех статистических состояниях, предписываемых принципом неразличимости частиц — поставщиком состояний, учитывая волновую природу не только электрона, но и атома *. Молекула бензола должна в соответствии с этим превратиться в сплошной набор статистических состояний, определяемых вероятностями обменов между частицами одного сорта, в своего рода статистический квантово-механический ансамбль частиц, точно в структурном отношении, конечно, далее никак не определимый.

При таком всеобщем статистическом обмене состояний на основе принципа неразличимости, в сущности, от структуры молекулы как индивидуальной системы ничего не остается, даже непонятно, почему еще вообще надо упоминать об определенной структуре.

Все сказанное в связи с бензолом, естественно, относится и к молекуле водорода, только здесь и сортов частиц и число частиц разного сорта меньше, чем у бензола.

Так, статистический принцип неразличимости частиц одного сорта, примененный к познанию одной индивидуальной системы как таковой — к молекуле, привел фактически к ее отрицанию, к агностицизму в отношении ее, он разрушил и ликвидировал понятие строения индивидуальной частицы как таковое.

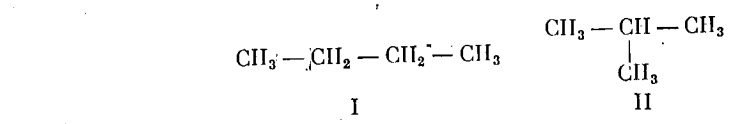
7. Однако такое неправомерное применение статистической концепции к исследованию строения индивидуальной молекулы оказалось опровергнутым фактами. Действительно, против указанной последовательно проведенной концепции, ликвидировавшей понятие индивидуальной частицы определенного строения, решительно свидетельствует химический и физический опыт: по крайней мере, ядра безусловно «не подчиняются» этой квантово-механической концепции, они вполне различимы и образуют довольно прочный и устойчивый остов молекулы, строго индивидуальный для нее. Как химия, так и физика познают этот остов во всей его ажурной тонкости, экспериментально фиксируя тончайшие изомерные и таутомерные различия.

Считаясь с этими фактами, Гайтлер, в отступление от принципа неразличимости, пишет [36]: «Мы всегда рассматриваем ядра как распределенные в пространстве центры сил. Их движение описывается законами классической механики», т. е. провозглашается полный отказ от применения квантово-механического статистического принципа неразличимости частиц одного сорта в отношении конфигурации ядер индивидуальной молекулы.

Развивая теорию резонанса, Паулинг, в отступление от принципа неразличимости под влиянием фактов, пишет [37]: «При этом предполагается, что ядра фиксированы в определенной конфигурации».

Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина, следуя за ним, пишут [34]:— «Конфигурация ядер во всех резонансных структурах одинакова» (речь идет, конечно, о резонансных структурах одной молекулы).

Уэланд сформулировал это обстоятельство в первом правиле резонанса, которое гласит [38]: «Резонанс может иметь место только между структурами, соответствующими одинаковым или примерно одинаковым относительным положениям всех атомных ядер». Прекрасно видя необоснованность этого положения основными принципами квантовой механики и, более того, противоречивость его им, Уэланд беспомощно заявляет сразу же после приведенного выше положения [38]: «Очевидно, что какое-то ограничение такого характера необходимо, так как иначе было бы невозможно явление изомерии. Если бы, например, две структуры I и II



могли резонировать друг с другом, то они не изображали бы двух различных веществ, как это есть на самом деле, а изображали бы одно вещество промежуточного типа».

* Так, Уэланд весьма последовательно говорит о неразличимости углеродных атомов в бензольном кольце [35].

Если говорить об этом резонансе как о реальном процессе, то требуемая для перегруппировки энергия будет гораздо больше, чем средняя тепловая энергия молекул.

Все эти и подобные им многочисленные и разнообразные факты заставили отказаться от последовательного применения принципа неразличимости частиц одного сорта *k* молекуле, как индивидууму. Ядерный остов молекулы в резонансно-мезомерной теории рассматривается с явным отступлением от фундаментальных принципов квантовой механики — как индивидуальная система совершенно определенного строения. Это значит, что неправомерное рассмотрение строения индивидуальной молекулы на основе статистических принципов квантовой механики, имеющих смысл только в отношении квантово-механических статистических совокупностей, оказалось в отношении ядерного остова молекул отторгнутым самой действительностью, фактами, многочисленными и разнообразными химическими и физическими данными.

8. Но электроны пока не поддаются еще непосредственному и детальному изучению, и, очевидно, лишь поэтому квантово-механическая статистическая концепция в этой области рассмотрения строения молекулы как индивидуума пытается сохранить свои неправомерные позиции. Но оказывается, она и в этом случае не остается последовательной и на деле отказывается от так называемой делокализации электронов, как она отказалась в нарушение последовательного применения принципов квантовой механики от делокализации ядер, сохранив ядерный индивидуальный остов молекулы. Остановимся вкратце на этом.

На пути делокализации электронов некоторые пропагандисты резонансно-мезомерной теории договариваются до явно не соответствующих действительности положений. Так, Н. Д. Соколов пишет [39]: «Электронный обмен является следствием самого общего свойства электронов — их тождественности — и происходит (физический процесс? — *М. Б.*) при сближении любых атомов и молекул». Или [40]: «Не следует себе представлять в роли «валентного» какой-либо определенный электрон. В силу тождественности электронов все непрерывно «обмениваются» состоянием и валентным может стать любой из электронов атома». Или [41]: «В природе не существует молекул с локализованными электронами» и т. д. и т. д. Но как же можно утверждать, например, тождественность электронов самого внутреннего слоя (энергетического уровня) *K* какого-либо одного атома с многоэлектронной оболочкой и валентного электрона внешнего слоя, например, слоя *P* какого-либо другого атома с многоэлектронной оболочкой, сблизившегося на соответствующее расстояние с первым: на отрыв этого последнего электрона требуется несравненно меньшая энергия, чем на отрыв первого, и говорить об обмене местами этих электронов не как о физическом процессе — нелепо. Например [42], для того чтобы удалить три внешние электрона от атома азота из слоя *L*, требуется последовательная затрата энергии на отрыв каждого из этих электронов в 14,46; 29,44 и 47,20 V, а для того чтобы оторвать два электрона от самого внутреннего слоя *K*, требуется последовательная затрата энергии в 549,08 и 663,73 V.

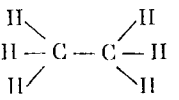
Любой перескок электрона внутри молекулы — это физический процесс и не может быть никаким иным «не физическим обменом», вытекающим якобы из тождественности частиц, каковой, конечно, в молекуле нет и в помине. Этот процесс строго и точно регистрируется соответствующими физическими методами исследования, например, при помощи рентгеновских спектров (характеристические рентгеновы лучи), оптических и т. д.

Ясно, что электронный хаос в индивидуальной молекуле противоречит фактическому положению дел, как и ядерный хаос, от которого, как мы видели, сторонники резонансно-мезомерной теории под давлением фактов вынуждены были отказаться, идя на непоследовательность в проведении своей концепции. Оказывается, под давлением фактов они вынуждены отказаться и от электронного хаоса внутри индивидуальной молекулы — от делокализации электронов.

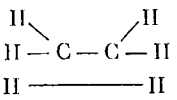
Фактический отказ от делокализации электронов в молекуле заключается в том, что представители резонансно-мезомерной теории вынуждены говорить о локализации связей или о всегда определенным образом распределенной электронной плотности в молекуле при одновременной делокализации электронов. Но не трудно понять, что при локализации связей говорить о делокализации электронов не имеет уже никакого смысла. Это — ничего не значащая формальность, которая нужна лишь для формального спасения резонансно-мезомерной теории как таковой, иначе даже ни о каком построении ее говорить совершенно не придется; резонировать, суперпонировать будет нечем, не будет состояний — резонансных или предельных структур.

Так, Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина, говоря, что «резонанс обусловлен делокализацией электронов», что «электрон нельзя локализовать, нельзя предписать ему, у какого ядра он должен находиться» и т. д., в то же время вынуждены говорить о локализации связей. «Если... энергии отдельных состояний,— пишут они [43],— сильно отличаются друг от друга, то резонанс незначительный и, главным образом, в молекуле осуществляется структура более выгодная. Из этого следует, что представление о локализованных связях оправдывается в тех случаях, когда все структуры, кроме одной основной, крайне невыгодны энергетически». В другом месте они приводят при-

меры [44]: «Структурная формула молекулы этана, очевидно, может быть только одна:



Любая другая схема, например:



...мало вероятна... Энергия первой структуры настолько больше второй, что роль последней совершенно ничтожна. Именно в этом кроется физический смысл того, что химик может изобразить молекулу как совокупность атомов, соединенных однозначно локализованными валентными штрихами».

Следуя за Я. К. Сыркиным и М. Е. Дяткиной, о локализации связей при делокализации электронов говорит и Н. Д. Соколов в случае предельных углеводородов. Он пишет [45]: «В природе не существует молекул с «локализованными электронами»; однако про молекулы предельных углеводородов можно сказать, что они имеют «локализованные валентности» или «локализованные» связи». Классические структурные формулы в основном правильно отражают действительное строение электронной оболочки этих молекул. Каждому «валентному штриху» соответствует электронное облако, заряд которого равен заряду двух электронов (этот заряд, разумеется, скомпенсирован равным зарядом атомных остовов).» Таким образом и Н. Д. Соколов — представитель резонансно-мезомерной теории, оказался вынужденным под давлением фактов отказаться от делокализации электронов, сохраняя ее лишь формально для возможности формального построения общей резонансно-мезомерной теории. Но этот отказ свой, как и Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина, Н. Д. Соколов прикрывает проповедью дуализма: химическая связь — электроны.

Еще далее Я. К. Сыркина, М. Е. Дяткиной и Н. Д. Соколова идет Комиссия ОХН АН СССР (при участии того же Н. Д. Соколова) в докладе на Совещании по состоянию теории химического строения в органической химии 11—14 июня 1951 г. Действительно, заменив термин «локализация связей» термином «всегда определенным образом распределенной электронной плотности», Комиссия говорит по существу о локализации π-связей [46]. «Электронная плотность электронов различного рода (атомных, σ- и π-связей) распределена всегда определенным образом по атомам и связям, соответственно их принадлежности и последовательности химических связей атомов в молекуле».

При таком утверждении говорить о делокализации электронов не имеет никакого смысла. Этим утверждением делокализация электронов в индивидуальной молекуле принципиально отрицается, так как если серьезно говорить об обмене электронов в любом направлении (принципиально, с точки зрения охарактеризованных выше общих принципов квантовой механики, мы ни одно из них не можем исключить), то получим снова электронный хаос в молекуле, так как обмен электронов в молекуле вне физического процесса обмена, на самом деле, нельзя себе представить. Но это значит, что определение только ядерный, но и электронный остов молекулы, и как бессмысленно при этой определенности говорить о всеобщем перескоке в индивидуальной молекуле ядер при одновременном сохранении ядерного остова молекулы, так бессмысленно говорить о всеобщем перескоке, обмене электронов при сохранении электронного остова («локализации химических связей») молекулы, установленного химическими и физическими фактами.

Охарактеризованная внутренняя противоречивость резонансной концепции Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда, исключительно формальное сохранение локализации электронов при опровержении ее опытными данными, признание которых фиксируется введением понятия локализованной связи (т. е. введением дуализма: химическая связь — электроны) вскрывает несостоятельность исходных положений этой концепции, ее попытки приложить статистические принципы, имеющие смысл в отношении специфических статистических совокупностей,— к индивидуальной молекуле как таковой. Под давлением фактов сторонники резонансно-мезомерной теории отказались от делокализации ядер, а вместе с тем и от делокализации электронов, однако формально они эту последнюю, исходя из неправомерного применения общих статистических квантово-механических принципов к индивидуальной системе, сохранили, так как без нее никакой резонансно-мезомерной теории построить даже формально — совершенно нельзя.

При всем этом следует учитывать, конечно, что движение электронов внутри индивидуальной молекулы — это прежде всего определенный конкретный физический процесс, характер его в тех или иных конкретных условиях можно и следует,

конечно, выяснить соответствующими физическими и химическими методами исследования.

Из изложенного видно, что центральное понятие резонансно-мезомерной теории Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда — понятие обмена,— введенное первыми двумя авторами, оказалось, как специфически статистическое, на путях применения его к решению проблемы строения индивидуальной молекулы несостоятельным, оно привело к внутренним противоречиям этой теории, к так или иначе замаскированному отказу на деле под давлением фактов от основного принципа — принципа неразличимости, на основе которого понятие обмена было введено.

Противоречивость и несостоятельность этой теории лишний раз иллюстрируется и такими фактами. С одной стороны, утверждается, что понятия обмена, обменных сил, обменной энергии — специфические квантово-механические понятия, «существование которых является особенностью самой квантовой механики» (Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина [47]). Но, с другой стороны, утверждается (Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина [47]):«Понятие обмена электронов приводит к неверному выводу о существовании особых обменных сил. В действительности «обменных» сил нет. Магнитное взаимодействие незначительно. В молекулах действуют силы электрические, а именно: кулоновские». Н. Д. Соколов, утверждая понятие электронного обмена, в то же время, вторя Я. К. Сыркину и М. Е. Дяткиной, говорит про обменные силы, что это — «фиктивные понятия, которые для молекулы не имеют прямого физического смысла» [48].

Продолжая эти мысли, можно лишь сказать, что никакого физического, химического, да и вообще логического смысла не имеет вся резонансно-мезомерная теория Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда в целом, развитая на основе центрального понятия этой теории (по признанию самих же авторов) — понятия обмена электронов.

Но метод Гайтлера и Лондона совсем не является единственно возможным и единственно существующим для расчета и теории молекулы водорода. Другие методы дают более точные результаты [49] и даже не приводят к идее резонанса (например, метод Кулиджа и Джемса). Обо всем этом пишет не кто иной, как сам Уэланд (!!) [50]: «Если бы квантово-механические проблемы можно было решать точно или если бы были использованы другие приближенные методы, идея резонанса не возникла бы... Резонанс имеет смысл только в связи с частным способом приближения к истинному положению».

Едва ли к сказанному требуются дальнейшие комментарии! Как видим, даже по свидетельству самих виднейших авторов и сторонников резонансно-мезомерной теории Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда, последняя не отражает никаких объективных закономерностей, мы скажем — закономерностей самого бытия. Во всем этом ярко сказывается полное банкротство этой теории в результате охарактеризованных выше фундаментальных внутренних ее противоречий.

9. Перейдем теперь к рассмотрению второго фундаментального квантово-механического принципа и его применения в резонансно-мезомерной теории — принципа суперпозиции.

Этот принцип по своей природе, как мы отмечали, статистический, он лишен какого-либо смысла, если его применять к индивидуальному объекту или индивидуальному процессу как таковому. К. В. Никольский говорит об этом основном принципе квантовой механики, что «речь идет здесь о квантовых статистических ансамблях и соотношениях, существующих между разными ансамблями» [51]. Под статистическим ансамблем разумеется или статистический коллектив, например совокупность микрочастиц, или же совокупность повторных процессов, опытов.

У Дирака среди различного рода формулировок принципа суперпозиции имеется и статистическая, вероятностная. Он пишет [52]: «Неклассический характер процесса суперпозиции ясно виден из рассмотрения суперпозиции двух состояний A и B,— таких, что существует наблюдение, которое, будучи произведено над системой в состоянии A наверняка, приведет к некоторому определенному результату, например a, а, будучи произведено над системой в состояние B наверняка, приведет к какому-то другому результату, например b. Каков будет результат того же наблюдения, если его провести над системой в смешанном состоянии? Ответ на этот вопрос гласит, что результат будет иногда a, а иногда b в согласии с вероятностным законом, зависящим от относительных весов состояний A и B в суперпозиции. Промежуточный характер состояния, образовавшегося в результате суперпозиции, сказывается, следовательно, не в том, что сам результат наблюдения будет промежуточным между результатами наблюдения в каждом из первоначальных состояний, а в том, что вероятность каждого результата будет промежуточной между его вероятностями в первоначальных состояниях».

Но в некоторых формулировках имеется в виду именно сам промежуточный результат. Так, Э. В. Шпольский, примыкающий в трактовке квантовой механики к копенгагенскому направлению (как и цитированные выше Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц), пишет [53]: «Принимая во внимание, что функции ψ, ψ_1, ψ_2,... характеризуют состояние частицы, мы формулируем принцип суперпозиции, выражаемый соотношением

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + c_2\psi_3 + \cdots,$$

следующим образом: если частица может находиться в состояниях ψ_1, ψ_2,..., то она может находиться также и в состоянии ψ, являющемся результатом суперпозиции состояний ψ_1, ψ_2...»

Но как только возможные статистические состояния системы при нестатистическом понимании принципа суперпозиции оказываются втиснутыми в одну частицу и притом вне времени (как и в случае с обменом электронов при применении статистического принципа неразличимости частиц в теории Гайтлера и Лондона молекулы водорода, как индивидуума), сразу же начинаются разговоры о непонятности этого принципа, как специфического квантово-механического эффекта и т. д. Так, Дирак, позабыв про свою же статистическую формулировку принципа суперпозиции, пишет [54]: «Система, определенно находящаяся в некотором состоянии, может в т о ж е в р е м я считаться находящейся отчасти в одном, а отчасти в другом из двух каких-то других состояний, или из целого ряда каких-то других состояний. Первоначальное состояние может — в некотором смысле слова, к о т о р ы й н е л ь з я п о н я т ь, оставаясь на классической точке зрения,— считаться как бы результатом суперпозиции (наложения) этих двух или большего числа других состояний. Наоборот, любые два или большее число состояний можно наложить друг на друга так, чтобы образовать другое состояние» (подчеркнуто мною.— *М. Б.*).

О д н а и т а ж е индивидуальная частица в о д н о и т о ж е мгновение быть в физически разных состояниях не может, утверждение этого не имеет никакого физического и логического смысла. Чувствуя нелепость применения принципа суперпозиции к одному и тому же объекту вне времени, Дирак пытается свести этот принцип всего лишь к некоторой математической процедуре. Он пишет [55]: «Выразить состояние в виде результата суперпозиции некоторых других состояний всегда возможно: это математическая процедура, не зависящая от физических условий,— такая же, как процедура разложения волны на ее составные компоненты по Фурье. Однако от специальных физических условий рассматриваемой задачи зависит, полезно ли производить такое разложение в том или ином случае». Но упорно забывая об этих оговорках, Дирак, как мы видели, считает возможным применять и применяет статистический принцип суперпозиции по отношению к одной и той же индивидуальной системе и в одно и то же время, лишая этот принцип какого бы то ни было реального и логического смысла.

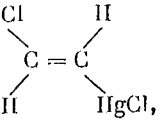
Таким применением принципа суперпозиции Дирак дает по существу точную формулировку резонансно-мезомерной теории. Так, под следующими словами Дирака, если их отнести к молекуле, в которой, по мнению сторонников резонансно-мезомерной теории, имеется резонанс или, выражаясь в других терминах, имеет место мезомерия, подпишется обеими руками любой представитель названной теории. Эту формулировку можно найти как во всех основных произведениях резонансно-мезомерной теории — в работах Паулинга, Уэланда, Ингольда, Я. К. Сыркина и М. Е. Дяткиной, М. И. Кабачника и др., так и в необозримых по числу резонансно-мезомерных статьях за границей и у нас. Слова эти следующие [56]: «Если состояние было образовано посредством суперпозиции двух других состояний, то оно должно иметь свойства, которые в некотором довольно непосредственном смысле слова являются промежуточными между свойствами обоих первоначальных состояний и которые в большей или меньшей степени приближаются к свойствам одного из них в зависимости от того, с большим или с малым «весом» это состояние вошло в суперпозицию. Новое состояние определяется однозначно обоими первоначальными состояниями, если известны их относительные веса в суперпозиции».

Как видим, один из крупнейших зарубежных авторов современной квантовой механики — физик Дирак — сам дал при рассмотрении принципа суперпозиции сжатую, совершенно точную формулировку резонансно-мезомерной теории, чем еще раз подтверждается, что физика (точнее, идеалистическое направление в квантовой механике), вне всякого сомнения, самым непосредственным образом причастна к возникновению, развитию и пропаганде резонансно-мезомерной теории.

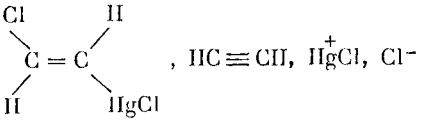
Мы видели выше, что принцип неразличимости частиц в резонансно-мезомерной теории «поставляет» молекуле состояния. При последовательном и извращающем суть дела применении этого статистического принципа к рассмотрению индивидуальной молекулы от нее как от индивидуальной системы ничего не остается, она превращается в хаотическую совокупность частиц. Идеалистически извращенный принцип суперпозиции, в свою очередь, лишь утверждает этот хаос, не внося в это представление никаких коррективов.

При непоследовательном применении принципа неразличимости, например, при неподчинении ему ядерной конфигурации, как это делает резонансно-мезомерная теория, идеалистически извращенный принцип суперпозиции со своей стороны утверждает многоструктурность молекулы, отрицая ее индивидуальность. В этом случае резонансно-мезомерная теория через представление об электронном обмене одновременно контрабандно допускает некоторые сдвиги ядер в ядерном остове молекулы, чтобы «обеспечить» возможность мыслить в ней множество молекулярных структур. Идеалистически извращенный принцип суперпозиции утверждает эту подмену индивидуальной молекулы как-то сосуществующими в ней одновременно или вне времени различными молекулярными структурами, ликвидируя тем самым индивидуальность ядерного остова молекулы, после того как он был непоследовательно (в нарушение

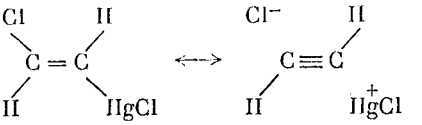
принципа неразличимости) резонансно-мезомерной теорией допущен. Так, трансформа квази-комплексного металлоорганического соединения $C_2H_2 \cdot HgCl_2$ существует по этой концепции не как хлорвинильная структура (о чем свидетельствуют химические и физические данные) с несколько удлиненным расстоянием C=C, т. е. сдвинутым в сторону одинарной связности



а как какой-то гибрид из непонятным образом как-то одновременно (или вне времени) сосуществующих в нем структур, каковыми эта молекула якобы и представлена, именно набором следующих структур:



вследствие предполагаемого резонанса (суперпозиции, сосуществования и т. д.) структур:



Как видим, итоги, к которым приводит в резонансно-мезомерной теории рассмотрение идеалистически извращенного принципа суперпозиции, те же, что и при рассмотрении идеалистически извращенного принципа неразличимости. Они характеризуются отрицанием молекулы как индивидуума, агностицизмом в отношении индивидуального ее строения и находятся в явном противоречии с химическим и физическим опытом. Эти идеи в то же время напоминают предбутлеровскую ситуацию в теоретической химии, когда отрицалась сама возможность существования молекулы как индивидуума с определенным индивидуальным химическим строением, когда, например, в теории типов Жерара рациональные (типические) формулы выражали не строение вещества, а лишь некоторые аналогии в реакциях, лишь поведение вещества в тех или иных превращениях. Об этом возврате (хотя и на новой основе) резонансно-мезомерной теории к добутлеровским временам пишет Ю. А. Жданов, указывая [57], что «Бутлеров решительно выступал против одновременного совмещения в одной и той же частице различных строений. Он подчеркивал, что химическое строение молекулы едино и качественно своеобразно. Основные установки Бутлерова являются фундаментом современной органической химии».

10. Таким образом, резонансно-мезомерная теория Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда на основе извращенного идеалистического толкования статистических по своей природе фундаментальных принципов квантовой механики (принципа неразличимости и принципа суперпозиции), как якобы принципов строения индивидуальной молекулы, приводит к ликвидации самого понятия индивидуальной молекулы. Только ценой внутренних противоречий, только ценой пропаганды идеалистического утверждения, что молекула представляет собой федеративное сосуществование лишь участвующих в ее описании мыслимых структур и т. д., и т. д., резонансно-мезомерная теория Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда как-то могла еще вообще номинально говорить о молекуле, пользоваться этим термином, не обозначавшим в ней уже на самом деле реально существующей индивидуальной частицы материи. Тем самым эта теория обнаруживает свое полное банкротство, свое полное и безусловное несоответствие действительности, так как всем ходом развития теоретической и экспериментальной химии и физики, диалектического материализма, всем ходом развития мирового органического синтеза ломоносовско-бутлеровское учение о реальности индивидуального химического строения молекулы оказалось оправданным и утвержденным. Непрерывно развиваясь, это учение все более и более полно отражает сокровенные глубины строения этой частицы мироздания и ее поведения в химическом движении материи.

11. Выясним вкратце, не являются ли охарактеризованные выше идеалистические извращения резонансно-мезомерной теории Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда общими по своей природе с основными идеалистическими извращениями в современной квантовой механике вообще.

Идеалистические извращения в современной квантовой механике связаны, в первую очередь, с так называемой копенгагенской школой, возглавляемой Бором.

К. В. Никольский указывал, что источником идеалистических извращений копенгагенской школы является механическое перенесение в исследование индивидуального микрообъекта понятий и представлений статистической квантово-

механической концепции, имеющих смысл лишь только в отношении статистических квантово-механических ансамблей. Он писал про теорию дополнительности копенгагенской школы [58]: «Эту теорию можно в общем охарактеризовать как перенос без всяких изменений характеристики квантового статистического ансамбля на индивидуальный квантовый процесс». На примере Гейзенберга К. В. Никольский указал, что такого рода перенос приводит непосредственно к идеализму, к отрицанию объективного существования микрообъекта вне зависимости от познающего объекта с применяемым им измерительным прибором. Он писал [59]: «Точка зрения Гейзенберга, рассматривающего квантовую теорию, как теорию и н д и в и д у а л ь н о г о измерительного процесса в атомной области, при ее последовательном проведении ведет к отказу от представления объективированных в пространстве и времени независимых от наблюдателя атомных процессов, т. е. к явно идеалистическому выводу, и хотя бы поэтому не может считаться правильной».

Статистика в этом направлении квантовой механики вытекает из утверждаемой Гейзенбергом принципиальной неконтролируемости акта воздействия измерительного прибора на исследуемый микрообъект. Гейзенберг пишет [60]: «Возможность статистических соотношений обусловлена тем, что действие измерительного инструмента на подвергающуюся измерению систему должно быть понято как частично принципиально неконтролируемое возмущение». Статистическая квантово-механическая совокупность понимается при этом не как объективно существующая «селекционированная» по определенным объективным признакам (согласно соотношению неопределенности в охарактеризованном выше понимании его), а как результат принципиальной невозможности преодолеть указанную неконтролируемость воздействия измерительного прибора на микрообъект. Наше знание в этом пункте как бы дошло до принципиального предела, микрообъект в его индивидуальной детерминированности принципиально оказывается непознаваемым, возможны лишь статистически вероятные высказывания на основании принципиально «неточных», «неистинных» индивидуальных актов измерения. Соотношение неопределенности в этом неправильном субъективном его понимании указывает на принципиальные границы нашего познания микромира.

Отсюда представители копенгагенской школы делают два вывода.

Первый вывод — якобы о необходимости ввести новое понятие физической реальности, именно: не как независимо существующей от наблюдателя с его измерительным прибором, а как координационно принципиально с ним связанной в каждом индивидуальном измерительном познавательном акте, т. е. они проповедуют махистско-авенариусовское понятие физической реальности. Так, Бор утверждает [61], что «невозможно приписать самостоятельную физическую реальность в обычном смысле как феномену, так и средству наблюдения», т. е. они, по Бору, связаны в указанном махистско-авенариусовском координационном смысле.

Абсолютируя статистические принципы квантовой механики и «насильно» распространяя их значимость на индивидуальные микрообъекты, к тому же координационно связанные с «наблюдателем», Бор приходит на этом пути ко второму выводу — к отрицанию детерминированности индивидуального микрообъекта, он говорит [62] о необходимости «окончательного отказа от классического идеала причинности» в микромире. В том же направлении решает этот вопрос и Дирак, говоря [63]: «Не следует думать, что отсутствие детерминизма в квантовой теории есть нечто, заслуживающее сожаления. В рациональной окончательной теории строения материи детерминизм обязательно должен отсутствовать». А еще далее на пути этих идеалистических извращений следует свобода воли электронов и процветают другие бредовые представления, которые мы прослеживать уже не будем.

Итак, попытка копенгагенской школы (и к ней примыкающих) применить к познанию индивидуального микрообъекта статистические фундаментальные квантово-механические принципы (понятые к тому же в субъективном смысле) приводит к агностицизму в отношении его и к многообразным другим идеалистическим извращениям. Но в свете всего изложенного выше получается, что корни идеалистических извращений в квантовой механике (копенгагенская школа) и в резонансно-мезомерной теории Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда, действительно общие, они заключаются в неправомерном применении статистических принципов квантовой механики к познанию индивидуальной микрочастицы (в данном случае молекулы).

Однако хорошо известно, какую большую роль играет физический идеализм в наше время в острой борьбе реакционной буржуазной идеологии против материализма, против марксизма-ленинизма [64]. Из-за охарактеризованной общности корней идеалистических извращений квантовой механики и резонансно-мезомерной теории Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда, представители этой последней и ее пропагандисты объективно оказались в острой борьбе двух идеологий на стороне буржуазной реакционной идеологии. Положение в этом отношении усугубляется тем, что у нас некоторые представители резонансно-мезомерной теории и ее пропагандисты упорно отстаивают идеалистическую и махистскую резонансно-мезомерную теорию, всячески маскируя ее идеалистические основы, идя для этого даже на кощунственное отождествление этой теории с основами материалистической теории А. М. Бутлерова и всячески игнорируя критику и самокритику, как фундаментальный фактор поступательного движения нашего общества вперед во всех проявлениях его жизни. Вот почему борьба с резонансно-мезомерной теорией приобрела неотложное и первостепенное значение. В эту

борьбу, как видно из изложенного выше, должны включиться не только химики, но и физики, так как эта борьба оказывается их общим делом — резонансно-мезомерная теория Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда возникла и развилась и в недрах физики (квантовой механики)

12. Изложенное показывает, что резонансно-мезомерная теория Гайтлера, Лондона, Паулинга, Ингольда совсем не представляет собой лишь какой-то внеквантово-механический привесок идеалистической интерпретации отдельных математических манипуляций. Дело совсем не в побочном эпизоде, отказ от которого сохраняет все существенное содержание этой теории нетронутым.

Резонансно-мезомерная теория есть плоть от плоти идеалистического направления в современной квантовой механике, корни ее идеалистических извращений, как мы видим, общи с корнями этого направления. Они кроются в неправомерном принятии фундаментальных статистических принципов квантовой механики, характеризующих свойства статистического ансамбля, и только в отношении его имеющих смысл, за непосредственные свойства индивидуальной системы (молекулы) как таковой. На путях развития этих идеалистических извращений, как мы показали, эта теория и пришла к полному своему банкротству.

Ясно, что наша критика резонансно-мезомерной теории ни в коей мере не является отрицанием квантовой механики вообще. Мы критикуем и отбрасываем резонансно-мезомерную теорию как одно из непосредственных проявлений идеалистического направления в современной квантовой механике.

Из всего изложенного выше, естественно, также встает вопрос: если ломоносовско-бутлеровская теория химического строения является теорией строения индивидуальной молекулы, как таковой, и ее поведения в химическом движении, а современная квантовая механика является статистической наукой, изучающей специфические статистические совокупности, то может быть между ними принципиально не может быть точек соприкосновения? Это, конечно, неверно. Важно лишь не допускать указанных выше и им подобных извращений при применении статистической по своей природе квантовой механики к решению тех или иных интересующих теоретическую химию вопросов и учитывать, что единичное микроявление она изучает через призму статистического метода, как это еще подчеркивал К. В. Никольский [33]. На это обращает внимание и Д. И. Блохинцев [65]: «Квантовая механика на самом деле изучает объективную, существующую независимо от наблюдателя природу квантового ансамбля. При этом свойства единичного микроявления квантовая механика исследует посредством изучения статистических закономерностей». На этом пути исследования единичного явления квантовая механика достигла огромных успехов, достаточно упомянуть лишь о предсказании ею новых элементарных частиц, впоследствии открытых, об открытии и исследовании квантовых уровней атомов с их тонкой и сверхтонкой структурой с разностью энергии в 10^{-12}, 10^{-15}, 10^{-18} эргов, на истолкование периодического закона Д. И. Менделеева и т. д., и т. д. Конечно, обогащение теории химического строения квантовой механикой было бы несравненно большим, если бы она дала нестатистическую теорию микроявлений. Но это, как подчеркивал еще К. В. Никольский [33], всецело дело будущего, об этом же говорит и Д. И. Блохинцев: «Впоследствии могут обнаружиться такие новые физические явления, о которых мы сейчас и не в состоянии подозревать и которые быть может позволят построить нестатистическую теорию микроявлений» [66].

В связи со всем этим необходимо подчеркнуть важность развития для нашего времени приближенных квантово-механических методов исследования тех или иных свойств молекул, но при этом необходимо учесть одно обстоятельство, на которое мы обращали внимание в другой работе [1]: познавательную ценность имеет только тот приближенный метод, который если и не полно, то все же принципиально адекватно отражает «механизм» исследуемой физической реальности. Надо помнить, что математика, к а к б о л е е о б щ а я с т у п е н ь а б с т р а к ц и и, при том или ином конкретном ее применении к физике, химии, должна быть контролируема ими в смысле соответствия данного приближенного метода содержанию исследуемой реальности, так как верный сам по себе какой-либо математический метод и правильно, кроме того, отражающий закономерности природы при том или ином его конкретном приложении к физике, химии, может в другом конкретном случае быть не применим, а при «насильственном» его применении в этом случае природе будут навязываться несвойственные ей, вымышленные закономерности. Такого рода применение математики к физике, химии будет в данном случае порочным, поведет к идеалистическим вымыслам, фантастике; такое применение надо критиковать и выкорчевывать, такой метод не будет иметь познавательного значения (1,67).

Нам представляется, что эти же идеи имел в виду В. К. Семенченко [68], когда он на Всесоюзном совещании по теории химического строения говорил о необходимости удовлетворения приближенной теории требованиям физической или логической инвариантности: понятия приближенной теории отражают реальную действительность, физически или логически инвариантны, если при переходе к точной теории они сохраняют свой смысл; надо отличать поэтому приближенное решение точной задачи (физически инвариантное) от приближенного заведомо неверного метода, решение которого физически не инвариантно (например, метод Гайтлера и Лондона), так как

он не будет иметь познавательного значения, даже если его результаты оказались бы количественно точными.

Но наряду со всем сказанным выше о связи теории химического строения с квантовой механикой необходимо категорически подчеркнуть следующее обстоятельство. То, что называется в наше время квантовой химией, представляет собой всего лишь главу квантовой механики, в которой квантово-механическими приближенными расчетными методами исследуются те или иные механические и физические свойства атомов и молекул, последние рассматриваются в ней как примеры механических систем и исследуются в аспекте законов механического и физического движения*. Теория же химического строения изучает атомы и молекулы в аспекте высшей формы движения материи — химического, опираясь прежде всего на данные химического метода исследования. Чем полнее и богаче будет современная физика и, в частности, квантовая механика раскрывать механические и физические свойства атомов и молекул (определяя энергию связи, межатомные колебания, пространственное точное расположение атомов в молекуле, те или иные взаимодействия атомов и молекул и т. д., и т. д.), тем богаче и конкретнее теория химического строения сможет развивать далее свое содержание. Это понятно: сами понятия атома и молекулы будут иные, более конкретные и точные по своему содержанию. Теснейшее переплетение теории химического строения с физикой, квантовой механикой — непременное и категорическое условие ее дальнейшего развития. Но такое непременное переплетение путей развития физики и химии (о необходимости которого говорили великие русские ученые — М. В. Ломоносов, Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров) ни в коем случае не должно сводиться к полному перепоручению задач теории химического строения квантовой механике, ибо как химия не может своими методами исследовать механические и физические свойства атомов и молекул (например, межатомные расстояния, колебательные частоты, квантовые уровни и т. д.), так и физика, в частности квантовая механика, не располагает средствами исследовать законы химического движения, но всесторонним исследованием механических и физических свойств тех же атомов и молекул, участвующих в химическом движении, она создает непременные условия для более полного и содержательного раскрытия теорией химического строения законов химического движения материи. Полное перепоручение развития теории химического строения квантовой механике атомов и молекул ознаменовало бы собой регресс и застой в развитии ломоносовско-бутлеровской теории химического строения, ее извращение и забвение, господство механицизма в химической теории, что и имело место в так называемой резонансно-мезомерной «теории».

Москва

Поступила
21.VI.1952

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Батуев, Вопросы философии, 2, 78—91, 1951; См. также выступления М. И. Батуева в стенографическом отчете Всесоюзного совещания по состоянию теории химического строения, Изд-во АН СССР, стр. 205—213, 351, 1952.
2. Л. Паулинг, Природа химической связи, Госхимиздат, 1947, стр. 28—29.
3. Там же, стр. 21.
4. W. Heisenberg. Zs. Phys., 39, 499, 1926.
5. Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, Химическая связь и строение молекул, Госхимиздат, 1946, стр. 74, 104—105.
6. М. И. Кабачник, Усп. химии, 17, 100, 1948.
7. В. Гайтлер, Элементарная квантовая механика, ГИИЛ, 1948, стр. 107.
8. Л. Паулинг, цит. соч., стр. 30 и др.; см. также [5].
9. В. Гайтлер, цит. соч., стр. 133—134.
10. W. Heitler, F. London. Zs. Phys., 44, 455, 1927.
11. Там же, стр. 461.
12. Д. И. Блохинцев, Основы квантовой механики, ГИТТЛ, 1949, стр. 522.
13. М. Борн, Химическая связь и квантовая механика, Харьков, 1932, стр. 7.
14. В. Н. Кондратьев, Структура атомов и молекул, Изд-во АН СССР, 1946, стр. 165, 181.
15. А. Ремик, Электронные представления в органической химии, НИИЛ, 1950, стр. 160.
16. Л. Паулинг, цит. соч., стр. 22.
17. Там же, стр. 5.
18. В. Гайтлер, цит. соч., стр. 107.
19. Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, цит. соч. стр. 80.
20. М. И. Кабачник, цит. статья, стр. 112.
21. Там же, стр. 101.
22. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 521.

* Лучше, имея это в виду, отказаться от термина квантовая химия, а называть этот раздел квантовой механики квантовой механикой атомов и молекул.

23. В. Гайтлер, Элементарная квантовая механика, ГИИЛ, 1948, ст. 109.
24. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 541.
25. Л. Ландау, Е. М. Лифшиц, Квантовая механика, ГИТТЛ, 1948, стр. 238
26. Там же, стр. 238.
27. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 446.
28. К. В. Никольский, Квантовые процессы, ГИТТЛ, 1940, стр. 79.
29. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 64.
30. Л. И. Мандельштам, Полное собрание трудов, Изд-во АН СССР, 1950, т. V, стр. 412—413.
31. Там же, стр. 358—359.
32. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 59—60.
33. К. В. Никольский, цит. соч., стр. 27—28.
34. Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, цит. соч., стр. 105.
35. Д. Уэланд. Теория резонанса, ГИИЛ, 1948, стр. 15.
36. В. Гайтлер, Квантовая теория и гомеополярная химическая связь, Харьков, 1934, стр. 40.
37. Л. Паулинг, цит. соч., стр. 23.
38. Д. Уэланд, цит. соч., стр. 19.
39. Н. Д. Соколов, Усп. химии, 18, 716, 1949.
40. Там же, стр. 706.
41. Там же, стр. 708.
42. В. Н. Кондратьев, цит. соч., стр. 32.
43. Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, цит. соч., стр. 106.
44. Там же, стр. 92.
45. Н. Д. Соколов, цит. статья, стр. 708.
46. Стенографический отчет Всесоюзного совещания по состоянию теории химического строения, Изд-во АН СССР, 1952, стр. 71.
47. Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, цит. соч., стр. 88.
48. Н. Д. Соколов, цит. статья, стр. 716.
49. Я. К. Сыркин, и М. Е. Дяткина, цит. соч., стр. 87.
50. Д. Уэланд, цит. соч., стр. 49.
51. К. В. Никольский, цит. соч., стр. 45.
52. П. Дирак, Основы квантовой механики, ОНТИ, 1937, стр. 20—21.
53. Э. В. Шпольский, Атомная физика, ГИТТЛ, 1950, т. II, стр. 28.
54. П. Дирак, цит. соч., стр. 19.
55. Там же, стр. 19.
56. Там же, стр. 20.
57. Ю. А. Жданов, БСЭ, 2-е издание, т. VI, стр. 388.
58. К. В. Никольский, цит. соч., стр. 150.
59. Там же, стр. 28.
60. Там же, стр. 152.
61. Н. Бор, Усп. физ. наук, 8, 3, 1928.
62. Н. Бор, там же, 16, 455, 1936.
63. П. Дирак, цит. соч., стр. 12.
64. А. А. Жданов, Дискуссия по книге Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии, Госполитиздат, 1952, стр. 42—43; см. также С. Т. Суворов, Усп. физ. наук, 39, 3, 1949.
65. Д. И. Блохинцев, цит. соч., стр. 548; см. также стр. 550.
66. Там же, стр. 549.
67. М. И. Батуев, Вопросы философии, 2, 87, 1951.
68. Стенографический отчет Всесоюзного совещания по состоянию теории химического строения, Изд-во АН СССР, 1952, стр. 133, 137.