

НОВЫЕ ОПЫТЫ С МОЛЕКУЛЯРНЫМ ПУЧКОМ ПО МЕТОДУ О. ШТЕРНА.

Г. С. Ландсберг, Москва.

Поразительные результаты, полученные Штерном и Герлахом при наблюдении отклонения молекулярных пучков в неоднородном магнитном поле, общеизвестны ¹⁾. В настоящее время Штерн предпринял в Институте физической химии в Гамбургском университете систематическую разработку проблем, которые можно исследовать по методу молекулярного пучка. Уже напечатано шесть работ из этого цикла. Часть их посвящена описанию значительно усовершенствованной аппаратуры и методов расчета (точность установки повышена примерно в 2000 раз по сравнению с первоначальными опытами), и намечена обширная программа работ. В некоторых сообщаются новые результаты.

В диссертации А. Лэя ²⁾ выполнены новые крайне тщательные измерения расщепления пучка K, Na и Tl. Подтверждая прежние результаты, они позволяют с точностью до 2% установить, что значение проекции магнитного момента атома на направление магнитного поля для элементов первой группы равняется одному магнетону Бора. Прилагаемая фотография позволяет судить о качестве опыта. Часть *a* воспроизводит след пучка в отсутствие магнитного поля, часть *b* — при включенном магнитном поле. Интересно сравнить эти фотографии с первоначальными результатами Штерна и Герлаха („Успехи физических наук“, 5, вып. I), где только в средней части поля можно наблюдать расщепление.

В другой гамбургской диссертации Э. Вреде ³⁾ сделана удачная попытка определить магнитный момент атомного водорода. Как известно, обычный водород диамагнитен, тогда как атом водорода с точки зрения Бора должен обладать определенным магнитным моментом, т. е. быть парамагнитным. Очевидно, диамагнетизм H₂ объясняется наличием двух электронов взаимно компенсирующих их магнитные моменты. Для исследования атома водорода надо было воспользоваться пучком атомного водорода, получение которого, после работ Лангмюра, не представляет большого труда. Вреде получал атомный водород, заставляя струю обыкновенного водорода медленно проходить через длинную (около 2 м) трубу, где он подвергался электрическим разрядам. Струя получающегося атомного водорода выпускалась в аппарат, где непрерывной работой мощных насосов поддерживалось необходимое низкое давление. Схема остального расположения такая же, как и в опытах Штерна и Герлаха, только все щели и диафрагмы, конечно, должны быть из стекла, ибо атомный водород при соприкосновении с металлом быстро ассоциируется. Полюсы

¹⁾ Ср., например, Н. Н. Семенов, Молекулярный пучок, „Успехи физических наук“, 5, вып. I, 1925. И. Е. Тамм, Магнетизм и строение атома. Ibid.

²⁾ ZS. f. Phys., 41, S. 551, 1927.

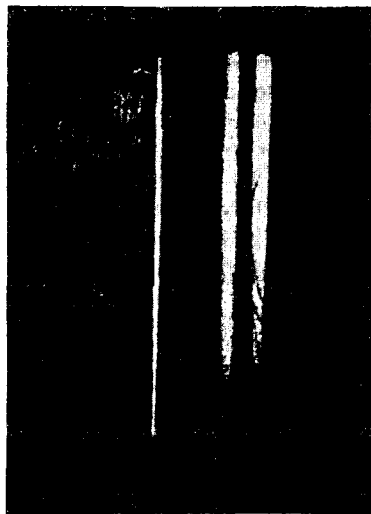
³⁾ ZS. f. Phys., 41, S. 569, 1927.

электромагнита также располагались вне прибора. В качестве регистрирующей пластинки употреблялась стеклянная пластинка, покрытая MoO_3 , слегка увлажненная. В местах, где атомный водород соприкасается с окисью молибдена, он энергично восстанавливает металл и оставляет темный след, хорошо заметный на светлом фоне. Пластинки укреплялись на шлифе. После того как действием атомного пучка (в течение 2—3 часов) при наличии поля был оставлен двойной след на пластинке, магнитное поле выключалось, пластинки поворачивались на некоторый угол и уже неразложенный пучок оставлял новый след, идущий под углом к первому. Время экспозиции в отсутствие магнитного поля могло быть ограничено 20 минутами. Воспроизводимая фотография показывает наблюдаемую картину. Примеры пластинки позволяют для водородного атома вычислить магнитный момент также в один магнетон Бора.

Приведенные результаты, безукоризненные с экспериментальной точки зрения, заставляют напомнить некоторые теоретические соображения, к которым они вынуждают в согласии с новой квантовой механикой.

Как известно, многообразные спектральные закономерности, в первую очередь аномальный эффект Зеемана, и закономерности в щелочных и рентгеновских дублетах, привели к формулировке гипотезы вращающегося электрона, согласно которой каждый электрон, входящий в состав атома, кроме заряда и массы, обладает магнитным моментом, равным одному магнетону Бора¹⁾. В частности эта гипотеза позволяет объяснить существование аномального эффекта Зеемана в водороде, заставляя таким образом и водородному электрону приписать магнитный момент в один магнетон Бора. Ядро водорода, равно как и остов щелочных металлов не обладает собственным магнитным моментом. Для остовов щелочей, построенных по типу благородных газов, мы естественно предполагаем, как и у этих последних взаимную компенсацию магнитных моментов, обусловливаемых отдельными электронами. Таким образом остаются лишь два источника магнетизма для водорода и щелочей: собственный магнитный момент единственного валентного электрона и магнитный момент, обусловливаемый движением этого электрона по орбите. Согласно нормировки Ланде, это последнее движение по основной орбите, которая для элементов 1-й группы есть S-орбита, ведет к образованию магнитного момента также в один магнетон, так что полный магнитный момент системы есть два магнетона Бора. (Взаимные компенсации их исключаются в теории Ланде, так как она предполагает простейший характер атомных ядер, как этого требует спектральный анализ, а также действием магнитного поля атом может ориентироваться лишь под углом 60° и 120° к нему, т. е. проекция магнитного момента атома на направление поля — ± 1 магнетон Бора. Такой ориентации и соответствует наблюдаемое расщепление следа пучка на две компоненты. Ориентацию перпендикулярно магнитному полю, которая дала бы третью — неотклоненную — компоненту, теория Ланде также вынуждена запрещать.

Иначе, и формально гораздо проще, трактуется явление с точки зрения той нормировки, которая следует из новой квантовой механики. При этой нормировке



a b

¹⁾ Ср. статью Я. И. Френкеля. Вращающийся электрон. „Успехи физических наук“, 7, 202, 1927.

терму S соответствует азимутальное квантовое число $K \equiv 0$. Другими словами, механический и магнитный момент такой орбиты есть нуль и, следовательно, полный магнетизм атома определяется лишь собственным магнетизмом его оптического электрона. С этой точки зрения сам собою устанавливается простой характер S -термов, ибо электрон не находится под ориентирующим действием орбиты, а, следовательно не может принимать различных положений, которым соответствовали бы различные значения энергии атомной системы.

Точно так же сам собою разрушается вопрос об отсутствии парамагнетизма у He и ряд других проблем, в том числе и знаменитый парадокс „скрещенных полей“. С рассматриваемой точки зрения явление Штерна и Герлаха трактуется естественно. Во внешнем магнитном поле электрон может принимать лишь два положения — параллельно и антипараллельно полю, а, следовательно и весь пучок распадается на два, как это и наблюдается на опыте.

Основная трудность, стоящая на пути этого плодотворного представления, лежит в плане старой „наивной“ теории атома. Ведь требование $K \equiv 0$ есть требование отсутствия вращательного момента у орбиты, т. е. с точки зрения модели — движение электрона по прямолинейной орбите, проходящей через ядро (колебательное движение). Оно, конечно, несовместимо с модельными представлениями, от которых принципиально отказывается механика Гейзенберга. Как ни тяжело это отсутствие наглядности — вряд ли можно на этом основании отказаться от всех преимуществ новых толкований. Это не значит, конечно, что надо пренебрегать наглядностью вообще. Но, пользуясь этими наглядными представлениями как полезнейшими руководителями, не следует возводить их до роли фетишей.
