

535

**Королев Ф. А.** Теоретическая оптика. Изд-во «Вышая школа» М., 1966, 555 стр., цена 1 р. 02 к.

Еще несколько лет назад казалось, что оптика, сыгравшая столь выдающуюся роль в истории развития физических идей, в известной мере исчерпала себя в плане «чисто научных» исследований. Изобретение лазера, сделавшее возможным получение световых пучков с поразительно высокой степенью монохроматичности и гигантской интенсивностью, совершенно изменило ситуацию. Оптика снова оказалась на переднем крае физики и наряду с «атомным веком», «ядерным веком» и «космической эрой» родилась термин «лазерный век».

Это, конечно, преувеличение, но перспективы применения лазеров в физике и особенно в технике (связь, голография и вычислительные машины, использование мощных световых пучков для обработки материалов и т. д.) действительно очень широки. Вместе с тем представляется совершенно ясным, что новый («лазерный») этап в развитии оптики коренным образом отличен от предшествующего периода, когда оптика находилась в центре внимания физиков. Действительно, речь тогда шла о самой природе света. Двойственная, корпускулярно-волновая природа света и отражающая эту двойственность ограниченная применимость классических (или, если угодно, модельных) волновых и корпускулярных представлений поставили физиков перед, быть может, величайшей в истории научной загадкой. Поистине титанические усилия понадобились для того, чтобы понять природу света, — это оказалось возможным сделать лишь в результате создания квантовой теории. Конкретно, только квантовая электродинамика, построенная на основе квантовой механики, явилась адекватной действительности полной теорией оптических явлений.

«Полная физическая теория» — такое сочетание слов не раз уже вызывало возражения. Как же физическая теория может быть полной, если мы знаем, что область применимости всех существующих теорий ограничена и что развитие науки ни в коей мере не заканчивается? Последние утверждения, конечно, справедливы, но они не имеют никакого отношения к вопросу о полноте физической теории, о которой здесь идет речь. Именно, как обычно, мы имеем в виду «полноту теории в области ее применимости». Это значит, что в пределах определенной точности теория дает, в принципе, ответ на любой разумный вопрос, позволяет предсказать результат любого осуществимого эксперимента или наблюдения. В таком смысле ньютоновская (классическая) механика является полной теорией, например, в применении к движению планет и их спутников. Полнота теории в данном случае ни в какой мере не противоречит общеизвестной ограниченности области применимости классической механики, связанной с необходимостью учета квантовых эффектов и конечности скорости света. Не менее хорошо известно, однако, что квантовые поправки в задачах небесной механики совершенно ничтожны, а эффекты общей теории относительности определяются малым безразмерным параметром, который в пределах солнечной системы не превосходит значения порядка  $10^{-6}$ .

В случае квантовой механики и квантовой электродинамики их полнота означает, что при пренебрежении малыми эффектами, которые могут быть связаны с учетом неэлектромагнитного взаимодействия или с существованием какой-то «элементарной длины»  $l$ , теория позволяет, в принципе, предсказать результат любого оптического эксперимента. Квантовая механика и электродинамика были бы неполными теориями, если бы, например, было возможно как-то обойти или «преодолеть» вероятностный характер некоторых предсказаний теории и, скажем, однозначно указать место попадания на экран каждого электрона или фотона в опыте с дифракцией. Согласно квантовой теории подобный отказ от вероятностных предсказаний в данном случае невозможен и этот вывод подтвержден всем развитием физики. В частности, многолетние усилия критиков квантовой механики или сторонников ее неполноты не позволили им продвинуться хотя бы на шаг за пределы квантовой механики (речь идет о предсказании каких-то новых эффектов). В соответствии с этим и, главное, из понимания самих основ квантовой теории в современной физике общепринятой является вероятностная трактовка, с которой тесно связано признание полноты квантовой механики и электродинамики в области их применимости. Тем самым, в частности, физики считают выясненной природу света, вопрос о фотонах, характере и причинах корпускулярно-волнового дуализма и т. п. Мы уже не говорим о том, что создание лазеров осуществлено на основе существующей квантовой теории излучения. Совершенно естественно, что именно на такой основе и строится преподавание квантовой механики и электродинамики в высших учебных заведениях в СССР и во всем мире. Читатель уже, возможно, некоторое время недоумевает: зачем понадобились все эти общепринятые замечания в рецензии на книгу Ф. А. Королева «Теоретическая оптика»?

Дело в том, однако, что эта книга, с одной стороны, «предназначается в качестве учебного пособия по теоретической оптике для университетов и других учебных заведений...» и «она может также служить пособием для аспирантов и научных работников

учебных заведений и научно-исследовательских институтов». Более того, в качестве учебного пособия для студентов книга допущена Министерством высшего образования СССР.

С другой же стороны, книга Ф. А. Королева построена по сути дела на базе отрицания полноты существующей квантовой теории излучения и, следовательно, отрицания того факта, что прочный фундамент теоретической оптики уже заложен.

В самом деле, предоставим слово автору книги. Вот, например, фрагменты из § 123 (Заключение): «В заключение можно высказать несколько слов о дальнейшем прогрессе в области оптики. Наиболее важной проблемой является проблема природы фотонов и тех элементарных процессов, которые связаны с излучением, распространением и поглощением света». «Излучение элементарных световых процессов неизбежно должно быть связано с раскрытием природы дуализма волн и частиц, что, по-видимому, вызовет установление новых фундаментальных закономерностей». «Есть все основания ожидать, что возникновение когерентной оптики даст возможность продвигнуться на пути познания элементарных световых процессов». О необходимости решать какую-то проблему «структуры фотона» говорится также на стр. 7, 20, 80 и в специальной главе (гл. 8 «Структура фотона», § 50—53).

Итак, по мнению Ф. А. Королева (и в полном противоречии с признанием полноты квантовой механики и квантовой теории излучения), еще не известно и что такое фотон, и какова природа корпускулярно-волнового дуализма, все это еще нужно понять, причем «имеются попытки объяснить вполне конкретным образом процессы распространения электромагнитных волн и даже структуру фотона. Возможно, что на этом пути придется видоизменить ряд современных представлений о пространстве и времени в их физическом смысле» (стр. 20). «Однако до сих пор остается совершенно не ясным «механизм» этой двойственной природы света, неизвестны элементарные процессы распространения фотонов в пространстве и взаимодействия их с другими частицами. Все это связано с тем, что пока еще остается нераскрытой структура фотона как частицы» (стр. 80).

В гл. 8 автор предлагает вниманию читателей различные модели фотонов. Вначале речь идет о нейтринной теории света, предложенной де Бройлем в 1934 г. и развивавшейся затем П. Йорданом, А. А. Соколовым и др. Тридцать лет — достаточно большой срок для того, чтобы судить об успехе теории. В данном случае общепризнано, что успеха нейтринная теория света не имела. Неудачу нейтринной теории света неявно признает и сам автор книги, ибо вслед за ее изложением следуют разделы «фотон как возбужденная электронно-позитронная пара в дираковском вакууме» (§ 51) и «фотон как осциллирующее электронно-позитронное поле дираковского вакуума» (§ 52). По мнению рецензента, эти разделы лишены смысла\*), и из текста мы узнаем лишь, что первая из этих «моделей» была предложена в дипломной работе, выполненной под руководством автора книги, но не опубликованной в каком-либо из наших физических журналов. Тем не менее автор считает уместным знакомить студентов с подобными «моделями фотонов». Ничего, кроме вреда, это принести не может.

Следующий затем § 53 автор посвящает внегалактическому красному смещению, которое называет одним «из наиболее загадочных оптических явлений нашего времени». Между тем общепринятая точка зрения, которую полностью разделяют и все известные рецензенту советские астрофизики, не содержит ничего загадочного: красное смещение объясняется нестационарностью Метагалактики и связанным с этим обстоятельством разбеганием галактик. Наоборот, гипотеза о «старении» фотонов, которую автор на стр. 256 провозглашает возможной, по всем известным данным совершенно неприемлема.

Выше мы остановились на характеристике того фундамента и тех принципиальных установок, на которых построено изложение оптики в рецензируемой книге. Перейдем к остальной части материала.

В книге 17 глав, посвященных классической и квантовой теории света, теории распространения света, интерференции и дифракции, а также геометрической оптике. В основном при этом излагается хорошо известный материал и здесь нет нужды подробно перечислять затронутые вопросы. Читателю важно, однако, знать, в какой мере изложение доброкачественно и находится ли оно на современном уровне. К сожалению, на оба эти вопроса мы должны ответить отрицательно. Книга Ф. А. Королева, не говоря уже о рассмотренном выше характере взглядов ее автора на саму природу света,

\*) Мы имеем здесь в виду, разумеется, лишь конкретное содержание § 51 и 52. а не саму проблему «физического вакуума». При учете эффектов, связанных с поляризацией вакуума, мы, возможно, подходим к границам области применимости существующей квантовой электродинамики. Эти вопросы имеют принципиальное значение и, конечно, заслуживают пристального внимания. (См. в этой связи нобелевские лекции, публикуемые в этом номере журнала.) Однако даже если пользоваться терминологией автора, относящего к оптике весь участок спектра с длиной волны от 0,1 ангстрема до 1 метра (стр. 6), то в оптике эффекты поляризации вакуума очень малы и, главное, не обсуждаются в книге.

содержит большое количество ошибок и неточностей, а в отношении ряда важнейших разделов оптики находится на уровне прошлого века или во всяком случае сильно устарела (исключение в этом отношении составляют главы 15 и 16, посвященные вопросам многолучевой интерференции).

Здесь нет никакой возможности перечислять все замеченные дефекты, и мы вынуждены ограничиться лишь немногими, но достаточно характерными примерами.

На стр. 22 автор утверждает, что «в общем случае решения волновых уравнений (5,5) и (5,6) будут иметь вид

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 \left\{ t - \frac{(\mathbf{r}\mathbf{n})}{c} \right\} + \mathbf{E}_2 \left\{ t + \frac{(\mathbf{r}\mathbf{n})}{c} \right\} \quad (5,9)''$$

и аналогично для  $\mathbf{H}$ .

Между тем речь здесь идет о плоских волнах, которые ни в какой мере не являются общими решениями.

На стр. 49 и 50 приводятся выражения (9,30) и (9,31) для момента количества движения, в которых вектор момента  $\mathbf{L}$  пропорционален соответственно векторам  $\mathbf{k}$  и  $[\mathbf{E}\mathbf{H}]$ . Неправильность этих выражений очевидна, поскольку аксиальный вектор  $\mathbf{L}$  не может быть равен полярному вектору. На той же стр. 50 проводится формула (9,35) для  $\mathbf{L}$ , в которой фигурирует векторный потенциал  $\mathbf{A}$ . Но такое выражение не удовлетворяет требованию калибровочной (градиентной) инвариантности и также, вообще говоря, неверно. Кстати, при выборе калибровки электромагнитных потенциалов

на стр. 27 принимается условие  $\varphi = 0$ , а на стр. 99 условие  $\operatorname{div} \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{d\varphi}{dt} = 0$ , но в обоих случаях об этом предлагается догадываться (условия не выписаны).

На стр. 69—70 сообщается, что в выражениях типа  $e^{-i\omega_k t}$  и  $e^{i\omega_k t}$  «частота со знаком «минус» означает сдвиг колебаний по фазе на  $\pi$  по сравнению с колебанием, имеющим частоту со знаком «плюс». Итак, утверждается, что  $e^{i(\omega_k t + \pi)} = e^{-i\omega_k t}$  (!?).

В ряде мест (см., например, формулу (14,18) на стр. 92) автор пользуется понятием о фотонах с заданным полным моментом количества движения и заданным импульсом. Между тем оператор момента и операторы проекций момента количества движения не коммутируют с оператором импульса (коммутируют лишь проекция импульса и момента количества движения на какое-либо направление).

Одним из направлений, в котором развивается современная оптика, является учет пространственной дисперсии тензора диэлектрической проницаемости. Что же касается частотной дисперсии, то она широко изучалась еще в прошлом веке, но в старых книгах по электродинамике и оптике также обычно не учитывалась при рассмотрении энергетических вопросов. Рецензируемая книга в этом отношении далека от современности — в ней не только игнорируется вопрос о пространственной дисперсии, но в большинстве случаев не учитывается и крайне существенная в оптике частотная дисперсия.

В соответствии с этим, например, выражение для энергии на стр. 36 выписано для недиспергирующей среды, а в § 65 игнорируется аномальный скин-эффект. Вопрос о фазовой и групповой скорости (§ 75), во-первых, излагается на самом элементарном уровне (сложение двух колебаний вместо анализа интеграла Фурье, необходимого в курсе теоретической оптики) и, во-вторых, содержит грубую ошибку. Так, на стр. 348 автор приходит к выводу, что в области аномальной дисперсии групповая скорость  $u > c$  ( $c$  — скорость света в вакууме), и такая среда якобы называется «сверхдисперсионной средой». В этой связи автор замечает (стр. 348): «Вообще говоря, не исключена гипотеза о мировой сверхдисперсионной среде, в которой возможно распространение волн с очень большими групповыми скоростями, что может физически пояснить дуализм волн и частиц». Последнее замечание говорит само за себя; что же касается вопроса о групповой скорости, большей скорости света в вакууме, то этот вопрос был рассмотрен и выяснен в хорошо известных работах Зоммерфельда и Бриллюэна еще в 1914 г. Обычное выражение для групповой скорости  $u = \frac{d\omega}{dk}$  действительно может

привести к значению  $u > c$ . Но как раз в этой области существенно поглощение, понятие о групповой скорости теряет смысл, и сигнал, конечно, распространяется со скоростью, меньшей или равной  $c$ .

Ф. А. Королев уделяет в своей книге внимание также и истории оптики. При этом в § 2 приводятся в основном даты известных открытий, указывается национальная принадлежность авторов и некоторые из них оцениваются с помощью эпитетов гениальный, крупнейший, знаменитый и выдающийся. Насколько объективны при этом оценки автора, видно из того факта, что величайшие физики XX в. Эйнштейн, Планк и Бор не удостоились ни одного из этих эпитетов. Но расстановка эпитетов, конечно, это вопрос второстепенный. Более существенно, что автор не счит нужным даже упомянуть о том, что понятие о фотонах и ряд вытекающих отсюда следствий были установлены Эйнштейном в его знаменитой работе 1905 г. (и это в истории оптики!).

Далее, ни в § 2, ни в следующем § 3 нет ни слова об одном из крупнейших достижений мировой и советской физики — открытии Г. С. Ландсбергом и Л. М. Мандельштамом, а также Раманом комбинационного рассеяния света. Зато в § 3 («Новейшие открытия в оптике») упоминаются излучение света в синхротронах и работы автора в этой области. Здесь же при упоминании о черенковском излучении даже не указывается имя С. И. Вавилова, хотя у нас принято, и с полным основанием, говорить об эффекте Вавилова — Черенкова.

Выше уже было отмечено, что для комбинационного рассеяния света в историческом обзоре (§ 2 и 3) места не нашлось. Но этим дело не ограничивается, ибо в дальнейшем (стр. 341—342) история открытия комбинационного рассеяния, хотя и упоминается, но явно искажена. Советским физикам эта история хорошо известна, и мы напомним ее читателям, процитировав соответствующее место из статьи нобелевского лауреата акад. И. Е. Тамма:

«Комбинационное рассеяние имеет очень широкий круг применений, но Нобелевская премия за открытие этого явления, к сожалению, была присуждена не Л. И. Мандельштаму и Г. С. Ландсбергу, а индусскому физiku Раману. Объясняется это, по-видимому, главным образом политическими соображениями, отчасти же необычайной самокритичностью Леонида Исааковича и Г. С. Ландсберга. Явление было открыто ими в конце 1927 г., однако они многократно его перепроверяли, добились высокой точности измерений и опубликовали первое сообщение только весной 1928 г., когда они смогли дать в этом сообщении и точную, подтвержденную измерениями теорию нового явления. У Рамана же к этому времени было опубликовано несколько очень коротких сообщений, содержащих качественное указание на аналогичное явление, открытое им в жидкостях (Л. И. и Г. С. экспериментировали на кристаллах), к тому же содержащих неправильную его интерпретацию \*). Несправедливость, проявленная в отношении советских физиков \*\*), вызвала протесты даже за границей и, в частности, М. Борн в этой связи вышел из состава Нобелевского комитета.

А теперь посмотрим, что пишет Ф. А. Королев (стр. 341): «Явление в целом получило название комбинационного рассеяния света и было открыто индийским физиком Раманом при исследовании явлений рассеянного света в жидкостях. Мандельштам и Ландсберг обнаружили аналогичное явление при рассеянии света в кристаллах. Это явление обычно называют в литературе как Раман-эффект». И ничего более. Остается добавить, что здесь не может быть и речи о неосведомленности. Достаточно сказать, что сейчас Ф. А. Королев заведует в МГУ той кафедрой, которую ранее возглавлял Г. С. Ландсберг и на которой и было открыто комбинационное рассеяние света.

Сделанные замечания отнюдь не означают какого-то требования обязательно уделять в книгах по теоретической физике большое внимание вопросам истории и приоритета. Речь здесь идет только о том, что если уже автор книги решил остановиться на истории и при этом многократно подчеркивает приоритет отечественной науки, то он должен делать это объективным образом. Именно такая объективность и отсутствует в исторических разделах книги Ф. А. Королева.

Резюмируя, мы видим, что «Теоретическая оптика» Ф. А. Королева не выдерживает никакой критики как в плане изложения основ теории, так и в отношении освещения истории оптики и конкретных вопросов.

Издание книги Ф. А. Королева, а тем более рекомендация ее в качестве учебного пособия для студентов являются весьма прискорбной ошибкой.

*В. Л. Гинзбург*