

S. Chandrasekhar, Radiation Transfer, Oxford, At the Clarendon Press, 1950, стр. 393.

Комплекс вопросов, связанных с распространением излучения в средах при наличии заметного вторичного рассеяния, уже давно привлекает к себе внимание физиков и астрофизиков. Это обусловлено тем, что процессы распространения света в средах в значительной мере определяют ход явлений в туманностях, в атмосферах звёзд и планет, в поверхностных морских слоях и в ряде других случаев. Интерес к этим вопросам особенно возрос в связи с разработкой теории диффузии нейтронов, которая исходит из тех же уравнений, что и теория переноса излучения. До последнего времени в литературе отсутствовали общие методы рассмотрения процессов переноса излучения, пригодные одновременно и для эффективного решения конкретных задач.

Положение резко изменилось в 1943—1944 гг., когда В. А. Амбарцумян сформулировал так называемый принцип инвариантности и на его основе получил решение ряда весьма важных задач. Естественно, что рецензируемая книга Чандрасекара, вышедшая в 1950 г., в значительной мере посвящена исследованию метода Амбарцумяна и его применениям.

В главе I устанавливаются основные понятия и выводятся фундаментальные уравнения, описывающие перенос излучения в рассеивающей, поглощающей и излучающей среде. В этой же главе обсуждаются математические особенности различных задач, которые будут рассмотрены в следующих разделах книги.

Наиболее известный, но трудоёмкий, приближённый способ решения этих задач состоит в переходе от интегродифференциального уравнения переноса к системе дифференциальных уравнений первого порядка. Этот переход может быть осуществлён с помощью какой-либо из формул приближённого интегрирования. В главе II излагается этот способ и рассма-

приваются различные формулы приближённого интегрирования. Представляет интерес вычисление часто встречающегося интеграла вида

$$\int_0^{\infty} I(t) E_1(|t - \tau|) dt,$$

где $E_1(|t - \tau|)$ — интегральная экспонента.

Последующие четыре главы посвящены переносу излучения в плоскопараллельной полубесконечной атмосфере. Основное внимание сосредоточено на исследовании двух случаев: 1) атмосфера диффузно отражает падающее на неё излучение, 2) атмосфера не подвергается внешнему облучению. Интенсивность потока, распространяющегося в ней по направлению к границе, не зависит от глубины.

В главе III, как бы для контраста с последующим, приводится решение этих задач описанным выше приближённым способом. Несмотря на существенно упрощающее предположение об изотропности рассеяния, это решение весьма громоздко и трудоёмко.

В главе IV вводится принцип инвариантности, сформулированный В. А. Амбарцумяном. Применение этого принципа позволяет обе основные задачи теории переноса излучения свести к решению одного и того же функционального уравнения. Тем самым получается новый эффективный метод решения и одновременно устанавливается внутренняя связь этих задач.

Так называемая H -функция, являющаяся решением уравнения Амбарцумяна, играет столь важную роль в современной теории переноса излучения, что Чандрасекар счёл необходимым посвятить всю пятую главу анализу её математических свойств.

В главе VI рассматривается перенос излучения в плоскопараллельной полубесконечной атмосфере при наличии анизотропного рассеяния. Применение принципа инвариантности позволяет и в этом случае без особого труда довести решение до численных значений с желаемой степенью точности.

В. А. Амбарцумян показал, что принцип инвариантности можно с успехом применять и при рассмотрении переноса излучения в атмосферах конечной толщины. В этом случае задача о пропускании и отражении излучения сводится к нахождению решения системы двух функциональных уравнений.

В главах VII и VIII даётся вывод этих уравнений и рассматриваются математические свойства функций, являющихся их решением.

В главе IX этот метод применяется к конкретным задачам распространения излучения в полубесконечной атмосфере при различных законах рассеяния.

Несомненный интерес представляет глава X, в которой учитывается влияние поляризации. В этой же главе задача о переносе излучения конкретизируется для случая планетной атмосферы. При этом принимаются во внимание отражающие свойства поверхности планеты.

В главах XI и XII затронуты некоторые астрофизические вопросы. В главе XI ранее изложенные методы применяются к задаче о распределении энергии в спектрах звёзд. Естественно, что значительное место отводится учёту поглощения излучения отрицательными ионами водорода.

Глава XII — образование линий поглощения в спектрах звёзд — вызывает серьёзные недоумения. Чандрасекар, сохраняя установку своих прежних работ, исходит из предположения о лучевом равновесии для любого участка спектральной линии, не учитывая изменения частоты фотона в процессе поглощения и последующего испускания. Между тем, даже Допплер-эффект приводит к изменению частоты порядка ширины линии.

Резкая зависимость коэффициента поглощения от частоты в пределах спектральной линии делает учёт подобных процессов обязательным. Теория, учитывающая особенности переноса излучения в спектральных линиях, была опубликована в советской физической литературе в 1947 г. Однако Чандрасекар считает возможным не учитывать эти процессы и не даёт себе труда обосновать это допущение.

В последней XIII главе рассматривается несколько вопросов, сопряжённых с основной тематикой книги. Странное впечатление производит параграф, посвящённый скорости высвечивания «плённого» излучения. Чандрасекар попрежнему игнорирует особенности диффузии излучения и лишь в примечании отмечает, что «рассмотрение того же вопроса, но при слегка отличных исходных предположениях», имеется в работах Кенти и Холстейна.

Уместно отметить, что трактовка вопроса в этих «слегка отличающихся» работах полностью и принципиально отлична от изложения Чандрасекара.

Кенти пытался учесть форму спектральной линии, оставаясь в рамках обычной диффузионной теории и пришёл к абсурдному результату (бесконечное значение коэффициента диффузии). Холстейн же исходил из теории переноса излучения, разработанной в Советском Союзе, которая учитывает изменения частот внутри спектральной линии. Едва ли можно сказать, что эти работы «слегка отличаются» от изложения Чандрасекара.

Подобное пренебрежение к работам других авторов характерно для всей книги. Чандрасекар не мог не отметить роли В. А. Амбарцумяна в формулировке принципа инвариантности. Однако он не счёл нужным указать на то, что Амбарцумян, пользуясь этим методом, дал также решения ряда основных задач теории переноса излучения. Отсутствуют также указания на весьма интересные работы других советских авторов (В. В. Соболев, Е. С. Кузнецов, Э. Р. Мустель и др.).

Большим недостатком книги является ярко выраженная направленность в сторону формально математического рассмотрения вопросов.

Автор не интересуется физическими условиями, определяющими постановку той или иной задачи, не анализирует допущения, которые при этом делаются. В книге полностью отсутствуют ссылки на экспериментальный материал и сравнение результатов теории с опытом.

Несмотря на эти недостатки книга Чандрасекара представляет несомненный интерес для широкого круга физиков и астрофизиков, поскольку она содержит последовательное и достаточно полное изложение математических методов теории переноса излучения. Ценность книги усугубляется также и тем, что в ней содержатся весьма подробные таблицы функций, существенных в теории переноса излучения, вычисленных Чандрасекаром и его сотрудниками.

Л. Биберман