

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

ГЛАВА I

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

§ 1. Задачи теоретической физики

Физика — наука, в первую очередь экспериментальная. Однако уже в работах Ньютона и других основоположников современной физики для получения количественных формулировок физических — на первых порах главным образом механических — закономерностей успешно применялись математические приемы и методы.

В последнее столетие применение математических методов в физике настолько расширилось и углубилось, что возникла особая отрасль физики — теоретическая физика. Перед теоретической физикой стоят задачи двойного рода:

1. Выражение физических закономерностей в виде количественных соотношений и установление внутренних взаимосвязей между наблюдающимися опытными фактами.

2. Применение математических методов исследования к нахождению новых физических закономерностей; предсказание новых, еще не обнаруженных на опыте взаимосвязей между физическими явлениями.

Таким образом, теоретическая физика является по своим методам математической, а по содержанию — физической наукой.

Из сказанного ясно, что именно в теоретической физике содержатся и окончательно отшлифовываются общие теоретические воззрения относительно сущности разнообразных физических процессов.

Сказанное лучше всего пояснить на простом примере. Исследователи, опытным путем установившие планетарную модель атома, наличие у атомов дискретных допустимых значений энергии и т. п. факты, внесли важнейший вклад в физическую теорию. Однако теоретическая физика не могла ограничиться качественными, модельными представлениями о строении атома.

Из этого вытекает, что теоретическая физика стремится сформулировать наиболее общие количественные физические

законы, отражающие существо возможно более широкого круга явлений. Примерами подобных законов могут служить законы механики (законы Ньютона), законы электромагнитного поля (уравнения Максвелла — Лоренца), законы квантовой механики и т. п.

Основой общих физических законов не могут служить логические рассуждения. Этой основой могут быть только опытные факты. Поэтому наиболее общие количественные соотношения теоретической физики не «выводятся», но представляют обобщенную формулировку наблюдавшихся физических закономерностей. С другой стороны, как мы увидим на конкретных примерах, в ряде случаев количественные выражения физических законов явились результатом научного предвидения.

Располагая количественной формулировкой общих физических законов, теоретическая физика может перейти к выполнению второй части своей программы — установлению новых закономерностей и связей с помощью математических методов исследования. На этом пути теоретическая физика добилась таких успехов, по сравнению с которыми бледнеют даже такие примеры научного предвидения, как открытие астрономом Леверье планеты Нептун в XIX веке.

В виде примеров можно указать открытие Максвеллом тока смещения и установление на этой основе электромагнитной природы света; создание Эйнштейном теории относительности и, в частности, установление связи между массой и энергией; предсказание квантовой механикой (созданной де Бройлем, Шредингером и Гейзенбергом) существования волновых свойств у микрочастиц — электронов, протонов и др.; предсказание теорией Дирака существования и свойств позитрона и других античастиц и т. д. Роль теоретической физики в новейшем развитии ядерной физики и использовании атомной энергии общеизвестна.

Необходимо подчеркнуть, что математические расчетные методы теоретической физики имеют очень своеобразный характер.

Теоретическая физика не является разделом математики. В теоретической физике не пытаются найти точные физические законы, определяющие поведение даже сравнительно простых систем. Точный учет всех возможных влияний и взаимосвязей сделал бы неразрешимыми уже самые простые задачи. Ни на одном этапе исследования в теоретической физике не упускают из виду необходимость учета главных, определяющих связей и пренебрежения побочными, несущественными обстоятельствами.

Соотношения и уравнения теоретической физики столь сложны, что практически всегда приходится идти по пути приближенных расчетов. Для того чтобы уяснить, какие приближения возможны и целесообразны, а какие незаконны и не имеют физического смысла, очень часто приходится исходить из имеющихся

опытных данных. Вместе с тем, формулы и соотношения, которые принципиально не могут быть проверены на опыте, вообще не рассматриваются в теоретической физике. Все усилия теоретической физики, как и физики экспериментальной, направлены на выяснение объективно существующих связей, физических закономерностей природы.

Физическая теория, объясняющая известные, но не способная предсказать новые факты, всегда считается неудовлетворительной. С другой стороны, высшей оценкой правильности физической теории является экспериментальное подтверждение предсказанных ею фактов.

В свою очередь выяснение новых явлений, обнаруженных опытным путем, служит стимулом для дальнейшего развития теоретической физики. Таким образом, экспериментальная и теоретическая физика составляют единое и неразрывное целое.

§ 2. Нахождение векторного поля по его дифференциальным характеристикам

Мы увидим в дальнейшем, что состояние электромагнитного поля характеризуется заданием его векторных характеристик, — напряженностей электрического и магнитного полей. По этой причине при изложении общей теории и при решении конкретных задач в теории электромагнитного поля широко используется специфический математический аппарат, так называемый векторный анализ.

Описание электромагнитного поля, не опирающееся на аппарат векторного анализа, возможное в принципе, потребовало бы весьма громоздких выкладок и сложных преобразований. Поэтому дальнейшее изложение ведется исключительно на основе векторного анализа. Хотя мы предполагаем, что его основы известны читателю, в приложении I дан краткий вывод всех встречающихся формул и преобразований.

Мы разберем здесь один важный вопрос математической теории произвольного векторного поля. Значение этого вопроса для теории электромагнитного поля заключается в том, что общая расчетная схема теории поля строится по образу и подобию приводимого ниже расчета произвольного векторного поля.

Пусть во всем пространстве имеется векторное поле $\mathbf{a}(\mathbf{r})$. Относительно поведения вектора $\mathbf{a}(\mathbf{r})$ в бесконечно удаленных точках пространства будут сделаны некоторые допущения, о которых будет сказано ниже.

Предположим, что заданы интегральные характеристики поля — поток вектора $\oint \mathbf{a} d\mathbf{S}$ и циркуляция вектора $\oint \mathbf{a} d\mathbf{l}$ в каждой точке пространства. Мы увидим в дальнейшем, что в случае