

Л. Д. Ландау

Теоретический минимум Ландау

Я начну с того, как я стал учеником Ландау. На третьем курсе физфака МГУ я понял, что хочу быть теоретиком, но сомневался, хватит ли у меня способностей. Мне казалось, что Давид Киржниц, который учился со мной в одной группе, способнее меня, и он может, а могу ли я — неизвестно. После некоторых размышлений я всё-таки записался и был зачислен в теоретическую группу. Но кафедра теоретической физики была слабой (это я понимал даже тогда, в 1947 году): всех теоретиков высокого класса — Ландау, Тамма, Леонтовича — оттуда выжили. Зато оставались большие специалисты по линии марксистско-ленинской философии, отвергавшие квантовую механику и теорию относительности. Как говорил в своей поэме «Евгений Стромынкин» мой сокурсник Герцен Копылов:

Я был при том, когда Леднёв¹
Собрав профессоров кагал,
Льва одряхлевшего — Эйнштейна —
Ногой бестрепетной лягал.

И вот, летом 1947 года, собрав всё своё мужество, я сделал решительный шаг — позвонил Ландау и спросил, могу ли я начать сдавать ему теорминимум. Он сказал, чтобы я приехал в один из ближайших дней. Довольно легко я сдал вступительный экзамен по математике, и Ландау дал мне отпечатанную на машинке программу семи остальных экзаменов (на самом деле, был ещё восьмой: математика II — комплексные переменные, специальные функции, интегральные преобразования и т. д.). В то время из книг курса Ландау вышли только: Ландау, Пятигорский «Механика»; Ландау, Лифшиц «Теория поля», «Механика сплошных сред» и первая (классическая) часть «Статистической физики». Все остальные курсы надо было изучать по раз-

¹ Н. А. Леднёв — профессор математической физики на физфаке.

ным книгам и значительную часть по оригинальным статьям. Статьи были на английском и немецком; например, в курсе квантовой механики были две большие — страниц по 100 каждая — статьи Бете в *Annalen der Physik*. То есть само собой подразумевалось, что сдающий владеет обоими языками. На следующих страницах я привожу оригиналы программ по квантовой механике и релятивистской квантовой механике.

Экзамен проходил следующим образом. Студент звонил Ландау и говорил, что он хотел бы сдать такой-то курс (порядок сдачи курсов был более или менее произвольным). «Хорошо, приезжайте тогда-то». Пришедший должен был оставить в прихожей все книги, записи и т. д. Затем Ландау приглашал его в маленькую комнату на втором этаже, где был круглый стол с несколькими листами чистой бумаги, стул и ничего более. Ландау формулировал задачу и уходил, но каждые 15–20 минут заходил и смотрел через плечо сдающего, что сделано. Если он молчал, это было хорошим признаком, но иногда он говорил «хм» — и это было дурным знаком. У меня нет собственного опыта, как и что происходило в тех случаях, когда студент проваливал экзамен. (Знаю только, что пересдача допускалась.) Я приблизился к опасной черте лишь раз, когда сдавал статистическую физику. Я начал решать задачу не тем способом, который ожидал Ландау. Ландау пришёл, заглянул мне через плечо, сказал «хм» и вышел. Через 20 минут он опять пришёл, взглянул и сказал «хм» ещё более недовольным тоном. Тут по каким-то делам зашёл Лифшиц. Он тоже посмотрел в мои записи и закричал: «Дау, не стоит терять время, гони его!» Но Дау возразил: «Дадим ему ещё 20 минут». За это время я получил ответ, и ответ был правильный! Дау увидел ответ, ещё раз посмотрел мои вычисления и признал, что я был прав. Они с Лифшицем задали мне несколько простых вопросов, и экзамен был сдан.

Задачи, которые давал Ландау, бывали довольно сложными, студент должен был решить каждую из них примерно за час. (Как правило, на экзамене были одна-две сложных задачи и

Сдана 13/II-48г.

Л. КРАУСОВА И А. АНДА

1. Операторы к собственным функциям
2. Матрицы
3. Амплитуда
4. Проводимость операторов по времени
5. Уравнение Шредингера
6. Социальная
7. Момент
8. Разделенные переменные поле с центральное симметрией
9. Ротатор
10. Куликовская задача
11. Нормировка непрерывного спектра
12. Силы и уравнение Шредингера в магнитном поле
13. Симметрия волновой функции по отклонению в перестроенном
14. Атомные ядра
15. Периодическая система
16. Теория возмущений в постоянном поле
17. Эффект Зеемана
18. Эффект Зеемана
19. Ван-дер-Ваальсовы силы
20. Теория возмущений в переменном поле
21. Дипольный
22. Сто-эффект
23. Вероятности переходов
24. Электроны в периодическом поле
25. Двухатомные молекулы
26. Волны
27. Общее учение о симметрич. операторах
28. Явления атомов в поле кристалла
29. Квантосоветская акустика
30. Модель Томаса Яерма
31. Ослабление дисперсионной уродной
32. Рассеяние быстрых электронов
33. Учет обмена при рассеянии
34. Точная теория рассеяния
35. Передача энергии при столкновении
36. Теория Зейтца
37. Рассеяние нейтронов

Литература

- А. П. Д. 1-4 - КРАУСОВА - введение в квантовую механику
Гл. 1-3, 7, 11-12, 14
- К. П. 25 - КРАУСОВА - Волновые спектры и статистика модов
68, 20 / 1929
- К. П. 27 - Rosenthal & Murphy, Rev. Mod. Phys. 37 / 1965
- К. П. 28 - Bethe, Ann. d. Phys. 3, 133 / 1928
- К. П. 29 - Pauli, Hab. d. Phys. 11, 11 / 1921
- К. П. 30 - Л. Д. Ландау, Квантовая статистика § 124
- К. П. 31 - Bethe, Ann. d. Phys. 38, 69 / 1928
- К. П. 32 - Bethe, Ann. d. Phys. 5, 225 / 1921
- К. П. 33-34 - КРАУСОВА - теория столкновений
Гл. 1-3
- К. П. 35 - Landau, Ann. Phys. 2, 88 / 1928, 36 / 1930
- К. П. 36 - Bethe & Peierls, Proc. Roy. Soc. B, 148, 84 (1935)
- К. П. 37 - Breit & Wigner, Phys. Rev. 49, 519 (1936)

Сдана 6/10-48.

ЛУ. РЕВКВИЗИТНАЯ КВАКОВАЯ МЕХАНИКА

- 1 Теория джрчя
- 2 Вторичное квантование
- 3 Вероятность двойного излучения, джрчяе отбора
- 4 эффект Рундана
- 5 эффект Комптона
- 6 Внутренний фотоэффект / Комптона /
- 7 Рассеяние быстрых электронов
- 8 Рассеяние под электрона в интеграл дуря
- 9 Образование пар
- 10 Теория джрчяе . Теория распада

Л и т е р а т у р а

- К п. 1 - Дирак-Основы квантовой механики § 75-76
Добрилин . Магнитный электрон гл. 10-12
- К п. 2 - *Rev. & f Phys* 75, 622 / 1932/
- К п. 3 - Гейтлер . Квантовая теория излучения § 11
Сон. Основы квантовой механики, стр. 132 и 232
- К п. 4 - Гейтлер . § 14 или Шнцек, Релевское рассеяние
и Рундан-эффект §§ 3-4
- К п. 5 - Гейтлер . § 16
- К п. 6 - *Нулма , Rev. Roy. Soc. A* 138, 603 / 1932 /
- К п. 7 - *Muller , & f Phys* 70, 786 / 1931 /
- К п. 8 - *Weisskopf , & f Phys* 88, 614 / 1934 /
- К п. 9 - Гейтлер , §§ 19-20
- К п. 10 - *Ландау и Лифшиц , Rev. Roy. Soc. A* 166, 213 / 1938 /
- К п. 11 - Бете-Дочер . Связка ядра, ч. 1. § 40-41

одна попроще.) Поэтому надо было много практиковаться в решении задач при подготовке к экзамену. Чтобы приобрести такую практику, я старался найти задачи, где только можно. (Задачников ведь не было, и нигде не были собраны те проблемы, которые есть сейчас в «Курсе» Ландау в виде задач.) Я спрашивал у Абрикосова, который сдал минимум Ландау передо мной, какие у него были задачи (но не их решения!) и решал их. После нескольких экзаменов я обнаружил, что у Ландау довольно ограниченный запас задач — порой он давал мне те же задачи, что и Абрикосову. Я думаю, Ландау понимал, что сдающие ему экзамены рассказывают друг другу, какие задачи он даёт, но его это не беспокоило: чтобы оценить способности студента и его знания, ему было достаточно видеть, *как* решается задача. Вот пример — задача по макроскопической электродинамике. Шар из диэлектрика с электрической и магнитной восприимчивостями ϵ_1, μ_1 вращается с угловой частотой ω в среде, характеризуемой ϵ_2, μ_2 , в постоянном электрическом поле \mathbf{E} . Угол между осью вращения и вектором \mathbf{E} равен α . Найти электрическое и магнитное поле внутри шара и в среде.

А вот эпизод, характерный для сравнения уровня обучения в Университете с минимумом Ландау. Весной 1948 года настало время сдавать экзамен по квантовой механике на физфаке. Курс читал Блохинцев, но я не посещал его лекции. Я изучал квантовую механику по программе минимума и считал, что пока ещё мой уровень знаний недостаточен, чтобы сдавать её Ландау: мне нужно ещё много работать. Как-то во дворе Университета я встретил Д. Ширкова, который был студентом на теоретической кафедре.

— Я иду досрочно сдавать квантовую механику Блохинцеву. Не хочешь присоединиться?

— Давай, — сказал я после минутного размышления.

Мы сдали экзамен, я получил пять, Ширков — четыре. А Ландау я смог сдать экзамен только в сентябре, после ещё трёхмесячной подготовки.

1. Калпанесу	33	д	22. Балашид	54	к
2. Лифшиц	34	д	23. Вейссл	55	к
3. Ахисер	35	(к)	24. Мехенид	55	
4. Паурануку	35	зк	25. Пителески	55	к
5. Мисса	35		26. Саидсел	55	к
6. Левиз	37	зк	27. [†] Бехаревил	55	к
7. Берестецкий	39	д	28. Шаник	56	к
8. Сиородинский	40	д	29. Болкот	57	к
9. Халатников	41	д	30. Шаповал	58	
10. Хуцшвиши		д	31. Фальковский	59	
11. Тер-Мартirosян	47	д	32. Атард	59	
12. Абрикосов	47	д	33. Конраченко	59	
13. Цорфе	49	д	34. Русинв.	59	
14. Хсарков	50	к	35. Маринов	60	
15. Лепидус	50	к	36. Берков	60	
16. Судяков	51	к	37. Мелик-Берхударов	60	
17. Клан	51	к.	38. Моккаченко	61	
18. Криштейн	52	к.	39. Илмател	61	
19. Зорсков	53	д	40. Будько	61	
20. Духовицкий	53	к.	41. Манско	61	
21. Аркинов	54	к	42. Малкин	61	
			43. Корядков	61	

На сдачу минимума у меня ушло почти два года. (В течение тех же двух лет я сделал две научные работы под руководством Померанчука.) В июне 1949 года после сдачи последнего экзамена Ландау внёс меня в список своих учеников.

Незадолго — примерно за 2–3 недели — до трагической авткатастрофы 7 января 1962 года, оборвавшей его творческую жизнь, Ландау составил список всех сдавших теорминимум. Он приведён на следующей странице. Первые двадцать лет Ландау сам принимал все экзамены. Однако, поскольку число желающих сдавать минимум стало резко расти в 50-е годы, где-то в 1954–1955 годах Ландау решил, что он будет принимать только первый вступительный экзамен по математике, а все остальные будут принимать его сотрудники из Института Физических Проблем — Лифшиц, Халатников, Абрикосов, Горьков и другие. Сейчас, по прошествии многих лет, глядя на этот список, можно с уверенностью сказать, кто из сдавших теорминимум действительно состоялся как значительный физик-теоретик, а кто остался на среднем уровне. И видна довольно резкая граница как раз около 1954–1955 годов: число известных теоретиков в левой половине листа заметно больше, чем в правой. Возникает мысль, что важно было не только содержание теорминимума и набор задач на экзамене — важна была роль экзаменатора. Вероятно, на экзамене Ландау мог увидеть, кто действительно талантлив, а кто нет. Его ученикам, по-видимому, это удавалось хуже. Великий человек неповторим.

Но и у Ландау бывали проколы. В списке сдавших теорминимум нет фамилии В. Хозяинова, который сдал его в 1950 (или 1951) году. И это не забывчивость Ландау. Хозяинов учился на физфаке, на одном курсе со мной, но по возрасту был старше. При распределении по кафедрам на третьем курсе он не пошёл в теоретики, а подал заявление на какую-то другую кафедру и был туда зачислен. Но когда нескольких студентов (и меня в том числе) с теоретической кафедры перевели на кафедру «Строение вещества» (об этом — ниже), руководство физфака решило,