

УДК 37.016:530.145

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЛОК-СХЕМ И ТАБЛИЦ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ В КУРСЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

А. И. СЕРЫЙ

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

Брест, Беларусь

В курсе теоретической физики (включая раздел «Квантовая механика») можно найти немало задач, которые не удастся решить с помощью небольшого

числа действий: напротив, количество формул с текстовыми комментариями довольно велико. Не отвергая такую форму подачи материала, следует признать, что не все учащиеся хорошо ее воспринимают, т. к. считают ее слишком сложной. Но в квантовой механике вряд ли возможно свести все задачи к «предельно простым». Поэтому альтернативной формой изложения могут быть блок-схемы (иногда с поясняющими сравнительными таблицами). Такому подходу при решении задач в вузовском курсе физики на сегодняшний день не уделяется существенного внимания, хотя некоторая часть студентов и преподавателей с одобрением относится к подобным дидактическим новациям.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу (варианты формулировки условия можно найти, например, в [1, с. 85; 2, с. 71]).

Атом водорода помещен в однородное электрическое поле напряженностью ε , направленной вдоль оси z . Найти расщепление уровня энергии, отвечающего значению главного квантового числа $n=2$ (эффект Штарка).

Задача обычно решается методом стационарной теории возмущений при наличии вырождения. Ход решения в обычном повествовательном изложении можно найти в [1, с. 230–232; 2, с. 72]. В качестве альтернативного подхода разберем решение в виде блок-схемы (рис. 1).

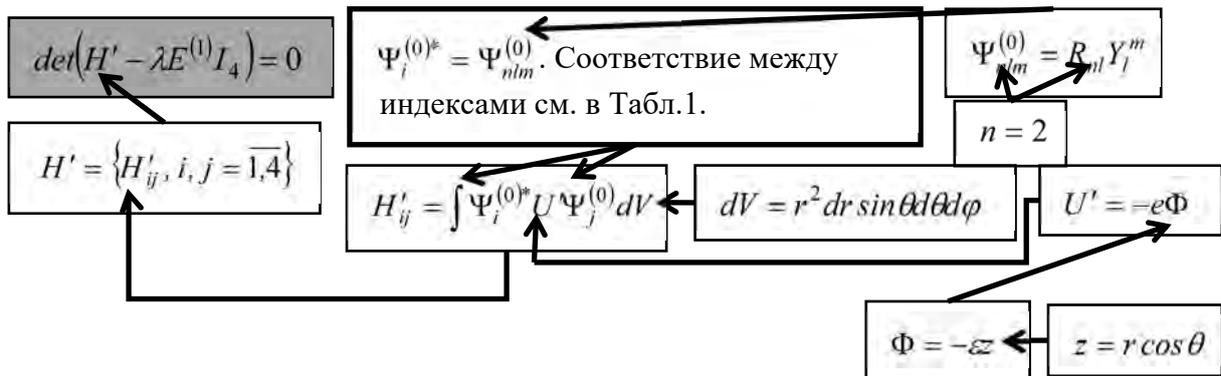


Рис. 1. Блок-схема решения задачи

Будем использовать систему СГС и обозначения: I_4 – единичная матрица размерности 4×4 ; H' – возмущенная часть гамильтониана в матричной форме; H'_{ij} – матричные элементы возмущенной части гамильтониана; $\lambda E^{(1)}$ – поправка первого порядка теории возмущений к энергии невозмущенного состояния (т. е. состояния без внешнего электрического поля); U' – энергия возмущения; Φ – потенциал электростатического поля; e – элементарный заряд (учитываем, что заряд электрона отрицателен); \hbar – постоянная Планка; m_e – масса электрона; $\Psi_{nlm}^{(0)} = R_{nl} Y_l^m$ – волновые функции невозмущенного состояния; $\Psi_i^{(0)}$ – те же волновые функции в другой нумерации; R_{nl} – радиальные части волновых функций;

Y_l^m – угловые части волновых функций; r – расстояние от электрона до протона; $a = \hbar^2/(m_e e^2)$; $\xi = r/(2a)$; dV – элемент объема; θ – полярный угол; φ – азимутальный угол; l – орбитальное квантовое число; m – магнитное квантовое число. Некоторые пояснения даны также в табл. 1.

Табл. 1. Сравнительная характеристика квантовых состояний

l	m	Зависимость		$\Psi_{nlm}^{(0)}$	R_{nl}	Y_l^m	$\Psi_i^{(0)}$
		от θ	от φ				
0	0	Нет	Нет	$\Psi_{200}^{(0)}$	$\frac{1}{\sqrt{2a^3}}(1-\xi)e^{-\xi}$	$\frac{1}{\sqrt{4\pi}}$	$\Psi_1^{(0)}$
1	0	Да	Нет	$\Psi_{210}^{(0)}$	$\frac{1}{\sqrt{6a^3}}\xi e^{-\xi}$	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta$	$\Psi_2^{(0)}$
	+1	Да	Да	$\Psi_{211}^{(0)}$		$\sqrt{\frac{8}{3\pi}}\sin\theta e^{i\varphi}$	$\Psi_3^{(0)}$
	-1	Да	Да	$\Psi_{21-1}^{(0)}$		$\sqrt{\frac{8}{3\pi}}\sin\theta e^{-i\varphi}$	$\Psi_4^{(0)}$

Тонкие стрелки на схеме соответствуют подстановкам. Исходный блок (с которого можно начинать рассуждения) закрашен серым цветом.

После всех подстановок, показанных на рис. 1, дальнейшие преобразования, достаточно подробно изложенные в [1, с. 230–232; 2, с. 72], приводят к результатам $\lambda E^{(1)} = 0$; $\pm 3ae\varepsilon$, применимым при $2 \cdot 10^3$ В/см $\ll \varepsilon \ll 10^8$ В/см.

Публикация дополняет статьи [3, с. 61; 4, с. 10–13; 5, с. 68–71; 6, с. 10–13; 7, с. 291–294], посвященные использованию блок-схем и сравнительных таблиц при решении задач и выводе формул в вузовском курсе физики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник задач по теоретической физике / Л. Г. Гречко [и др.]. – М.: Высш. шк., 1984. – 319 с.
2. **Галицкий, В. М.** Задачи по квантовой механике: учеб. пособие : в 2 ч. / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Едиториал УРСС, 2001. – Ч. 2. – 304 с.
3. **Серый, А. И.** Об использовании блок-схем при решении задач электростатики / А. И. Серый // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы XIV Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Мозырь, 29 марта 2022 г. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2022. – С. 61.
4. **Серый, А. И.** Об использовании блок-схем и таблиц при решении задач по теме «Электромагнитная индукция» / А. И. Серый // Наука, инновации, образование: актуальные вопросы XXI века: сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Наука и Просвещение, 2023. – С. 10–13.

5. **Серый, А. И.** Об использовании блок-схем при решении задач по электродинамике в курсе теоретической физики / А. И. Серый // Преподавание математики в высшей школе и работа с одаренными студентами в современных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. семинара. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2024. – С. 68–71.

6. **Серый, А. И.** Об изучении темы «Формула Резерфорда» в курсе атомной физики / А. И. Серый // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XXXIV Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Наука и Просвещение, 2023. – С. 10–13.

7. **Серый, А. И.** К методике изучения темы «Эффект Комптона» в курсе квантовой физики / А. И. Серый // Фундаментальная наука и образовательная практика : материалы III Респ. науч.-метод. конф. с междунар. участием «Актуальные проблемы современного естествознания», Минск, 30 нояб. 2023 г. – Минск : РИВШ, 2023. – С. 291–294.

УДК 378.016:51

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ВОПРОСАМ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Е. Л. СТАРОВОЙТОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В современном информационном мире человек постоянно сталкивается с необходимостью принятия решений по проблемам, которым присущ вероятностный характер. Прогнозирование развития ситуаций по самым разным сторонам жизни требует умения анализировать и оценивать случайные факторы при моделировании ситуации, делать выбор решения и просчитывать все варианты этого выбора, формулировать и проверять гипотезы для нахождения ее оптимального разрешения.

Рабочая программа дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика», составленная в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлениям подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 09.03.04 «Программная инженерия», 41.03.01 «Зарубежное регионоведение», учебными планами от 28.04.2023 г., предусматривает на ее изучение 108 часов, из которых 16 – лекционных и 34 – практических.

Целью дисциплины применительно к теории вероятностей является освоение ее основ, необходимых для решения прикладных задач. Содержание этой части дисциплины должно обеспечить знание студентами основных положений, формул и теорем теории вероятностей для случайных событий, одномерных и многомерных случайных величин, умение строить математические модели для типичных случайных явлений и использовать вероятностные методы в решении