

**Сауров Ю. А.,
Перевощиков Д. В.**

Физическая картина мира

Учебно-методическое пособие
2-е издание, переработанное и дополненное

Киров – 2026

УДК 53(075.8)
ББК 74.262.23я73
С21

Авторы:

Сауров Юрий Аркадьевич – доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии образования;

Первошиков Денис Владимирович – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике факультета компьютерных и физико-математических наук Института математики и информационных систем Вятского государственного университета (г. Киров).

С 21 Сауров, Ю. А. **Физическая картина мира: методы и средства познания, содержательные смыслы, элементы методики: учебно-методическое пособие** / Ю.А. Сауров, Д.В. Первошиков. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2026. – 131 с.

ISBN 978-5-6055397-4-2

В пособии рассматриваются общие и частные вопросы методики изучения физической картины мира. Раскрываются ключевые понятийные аспекты проблемно-предметного поля физического познания, комплекс вопросов методологического характера о методах и средствах научного познания, общие теоретические идеи построения физической картины мира. Излагаются научно-предметная составляющая каждой физической картины мира, соответствующей определенному историческому этапу развития физического знания, и методика освоения физической картины мира в школе под углом зрения целей обучения.

Книга предназначена студентам, магистрантам, учителям.

УДК 53(075.8)
ББК 74.262.23я73

ISBN 978-5-6055397-4-2

© Сауров Ю.А., 2006
© Сауров Ю.А., Первошиков Д.В., 2026,
с изменениями и дополнениями
© ООО «Издательство
«Радуга-ПРЕСС»», 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Введение: общие теоретические идеи для понимания и построения физической картины мира.....	7
Глава 1. Методы и средства научного познания.....	12
§ 1.1. Понятие об эпистемологии как теории знания.....	12
§ 1.2. Языки представления знаний.....	15
§ 1.3. Понятие о факте в познании.....	20
§ 1.4. Научная гипотеза.....	25
§ 1.5. Научная модель.....	29
§ 1.6. Измерение как инструмент познания.....	34
§ 1.7. Понятия как необходимый элемент научного познания.....	41
§ 1.8. Метод познания.....	47
Глава 2. Физические картины мира как фундаментальные обобщения.....	53
§ 2.1. Понятие о физической картине мира.....	53
§ 2.2. Основы понимания и построения физической картины мира.....	55
§ 2.3. Функции физической картины мира.....	58
§ 2.4. Механическая картина мира.....	60
§ 2.5. Статистическая картина мира.....	64
§ 2.6. Электромагнитная картина мира.....	68
§ 2.7. Квантовая картина мира.....	72
§ 2.8. Современная физическая картина мира.....	76
§ 2.9. Понятие об общенаучной картине мира.....	80
Глава 3. Элементы методики изучения физической картины мира.....	85
§ 3.1. Физическая картина мира в школьном курсе физики.....	85
§ 3.2. Физический мир и его познание.....	88
§ 3.3. Физическая картина мира в ее развитии.....	94
§ 3.4. Фундаментальное строение материи в современной картине мира: элементарные частицы и их свойства.....	99
§ 3.5. Инвариантные идеи современной физической картины мира.....	105
§ 3.6. О границах применимости физических теорий.....	108
§ 3.7. Роль знаний физической картины мира в научно-техническом и технологическом прогрессе.....	110
Заключение.....	117
Словарь основных методологических понятий.....	121
Именной указатель.....	125
Библиография.....	130

Предисловие

Нет ничего, что в большей степени могло бы привлечь внимание человека и заслужило бы быть предметом изучения, чем природа. Понять её огромный механизм, открыть её созидательные силы и познать законы, управляющие ею – величайшая цель человеческого разума.

Жорж Кювье

Учебный курс «Физическая картина мира» знакомит студентов с широким кругом разноплановых вопросов: общими теоретическими идеями построения физической картины мира (ФКМ); проблематикой научного познания; методами, средствами познания, лежащими в основе построения ФКМ; историческими аспектами возникновения важнейших физических теорий и соответствующих ФКМ; элементами методики формирования ФКМ.

Научная категория «картина мира» стала предметом научно-философского анализа сравнительно недавно. Поэтому при изложении содержания учебного пособия авторами было использовано сочетание физического и философского знания с целью максимального освещения весьма емкого понятия «физическая картина мира», что помогло раскрыть более полно особое место ФКМ в системе наук и в структуре познания мира, обозначить и аргументировать роль и значение ФКМ в обучении.

Обзор в первой части пособия разноплановых инструментов познания позволил сформировать пропедевтические базис, заложить фундамент для усвоения теоретических идей процесса познания, и как следствие, подготовить почву для понимания элементов содержания ФКМ во второй части пособия. Логическим завершением изложения курса стало рассмотрение элементов соответствующей методики формирования ФКМ, конкретизация представлений о ФКМ в школьном обучении.

Такому пониманию целей и задач нового учебного курса авторы стремились подчинить методологию и методику изложения материала, структуру работы. Содержание соответствующих тем раскрывается в соответствии с методологическими принципами познания и методическими принципами изложения материала (научности, историзма, связи теории с практикой, систематичности и последовательности...). Во всех случаях авторы стремились добиться простоты изложения материала.

В учебном пособии представлено последовательное описание ряда физических картин мира в различные исторические периоды становления физической науки; охарактеризована логика эволюционных переходов от одних физических описаний реальности к новым картинам мира.

Считаем, что исторически преемственное развитие физической науки – одна из важнейших методологических основ, на которых должно базироваться

содержание курса «Физическая картина мира». Научно-предметная составляющая описания каждой ФКМ отражает содержание науки физики в определенный период истории: основные идеи, подходы, методы; наиболее общие законы, концепции, теории; системы научных понятий и языковые формы; мировоззренческие аспекты, ключевые противоречия и пр. Напомним, что известный советский философ Э.В. Ильенков неизменно подчеркивал: «наиболее перспективным способом решения любой научной проблемы является исторический подход к ней».

В учебном пособии авторами широко используются приемы активации процесса усвоения знаний и умений. Рациональны и познавательно активны структурно-логические схемы и таблицы пособия. Они представляют собой основные идеи учебного материала темы, дают возможность емко визуализировать содержание материала, показать ассоциативные связи между его элементами, обеспечить доступность содержания материала и сориентировать в его объеме. Мы посчитали целесообразным и полезным знакомить по ходу изложения материала с отдельными высказываниями классиков науки и известных ученых нашего времени по разнообразным аспектам тематики. Вопросы в конце каждой главы для контроля знаний позволяют проверить уровень усвоения и владения пройденным материалом, обобщить и закрепить пройденный материал.

Содержание и познавательные смыслы физической картины мира рассматривались комплексно с нескольких сторон. Физическая картина понимается как *целостный образ физического мира* или результат деятельности ученых, включающий в себя фундаментальные физические идеи, физические теории, наиболее общие понятия, принципы и методы познания, соответствующие определенному историческому этапу развития физического знания. Физическая картина мира как *предмет изучения* рассматривается как система знаний (модель) для индивидуального осознания.

Такие знания для студентов педагогического образования вузов – будущих учителей физики – востребованы для организации воспитания и развития школьников. Практическая потребность изучения курса «Физическая картина мира» обусловлена реализацией идей важнейших нормативных документов в сфере общего и среднего образования (ФГОС ООО¹, «Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в ОО РФ, реализующих ООП»² и др.). В них акцентируется внимание на формировании научного миропонимания школьников на фундаменте естественнонаучного знания. Это и есть одна из важных профессиональных задач педагога. Так, согласно ФГОС предметные результаты по курсу «Физика» должны обеспечивать: сформированность базовых представлений о закономерной связи и познаваемости явлений природы, о системообразующей роли физики в

¹ ФГОС ООО утвержден приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287.

² «Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в ОО РФ, реализующих ООП» утверждена решением коллегии Министерства просвещения Российской Федерации протокол от 3.12.2019 № ПК-4вн.

развитии естественных наук, техники и технологий, об эволюции физических знаний и их роли в целостной естественнонаучной картине мира; понимание и способность объяснения процессов окружающего мира.

Содержание курса «Физическая картина мира, представленное в данном пособии, хотя и охватывает многогранный спектр вопросов, но структурировано таким образом, что имеет максимально доступную форму изложения учебного материала.

В первой главе раскрываются ключевые аспекты проблемно-предметного и понятийного поля познания, комплекс основных вопросов методологического характера о методах и инструментах научного познания. Они и определяют точку зрения на физическую картину мира. Во второй главе прослеживаются эволюционно-исторические этапы развития (построения, восприятия, отрицания, изменения, дополнения...) физической картины мира, представленные в виде положений методики формирования ФКМ. Третья глава посвящена образовательным вопросам и содержит элементы методики изучения физической картины мира, а также вопросы изучения физической картины мира в школе.

Первое издание пособия под названием «Научные картины мира: элементы эпистемологии» (Киров, 2006. 192 с.) было хорошо принято. Для настоящего курса рукопись существенно переработана, в частности отобран только актуальный по теме материал, в какой-то степени использованы результаты новых поисков, учтен опыт многолетнего проведения лекций и семинаров.

Авторы надеются, что учебное пособие будет полезно преподавателям, студентам, магистрантам, аспирантам и учителям физики.

Введение: общие теоретические идеи для понимания и построения физической картины мира

Здесь скрыты столь глубокие тайны и столь возвышенные мысли, что, несмотря на старания сотен находчивых мыслителей, трудившихся в течение тысяч лет, еще не удалось проникнуть в них, и радость творческих исканий и открытий все еще продолжает существовать.

Галилео Галилей

Понятие «Физическая картина мира» постепенно стало вводиться в научный оборот в рамках физики конца XIX – начала XX веков начиная с работ немецкого физика Г. Герца, а затем получило более широкое распространение в научной среде. Ученый показал значение этого вместительного термина для всей структуры физики, а также для углубления знаний о природе в целом. В дальнейшем М. Планк определил физическую картину мира, как «образ мира», который складывается в физической науке и представляет собой отражение тех закономерностей, которые существуют в природе.

Чтобы точнее проследить **исторические аспекты развития физической картины мира**, ее содержание должно быть рассмотрено:

- как предмет исследования, дающий целостное видение природы мира на определенном историческом отрезке времени;
- как результат научного поиска ученой мысли своего времени;
- как завершающий уровень систематизации конкретных физических идей и концепций – научных знаний;
- как предельная форма научных обобщений, посредством которой знания обобщаются соответственно историческому этапу развития науки.

Мы согласны с мыслями выдающегося американского физика Р. Фейнмана, который писал: «Решающие и наиболее поразительные периоды развития физики – это периоды великих обобщений, когда явления, казавшиеся разобщёнными, неожиданно становятся всего лишь разными аспектами одного и того же процесса. История физики – это история таких обобщений, и в основе успеха науки лежит главным образом наша способность к синтезу». Важно, что от этапа к этапу развитие научных знаний, которые в итоге обобщаются в картину мира, идет эволюционным путем, при этом оставаясь в конкретных рамках без изменения фундаментальных физических представлений о мире.

Синтез знаний при обучении – это и есть в итоге формирование физической картины мира.

Опыт исторического развития физических знаний показывает, что каждая физическая картина мира имеет свои границы применимости, которые обнаруживаются открытием новых фактов, новых законов природы, новых

теорий – всем ходом развития физики. Физики и сегодня однозначно считают, что «... в известном смысле совершенно справедливо общее утверждение о незавершенности любой физической теории...», и что «...в незамкнутости известной сейчас фундаментальной физической теории в настоящее время никто не сомневается» (В.Л. Гинзбург).

С развитием физики на смену одной картине мира приходит другая. Переход к новой физической картине мира, иногда еще в рамках старой, знаменует научную революцию, качественный скачок, коренную ломку прежних представлений о мире. При этом каждая новая ФКМ сохраняет все важнейшее, отвечающее объективному устройству Вселенной, и сложнее и глубже старой. М. Планк подчёркивал, что изменение и развитие физической картины мира не уничтожает этих постоянных элементов, а сохраняет их, добавляя к ним новые элементы. При этом уточняются ранее сформулированные законы, понятия и теории.

Общий *принцип преемственности* в смене физических картин мира выступает ключевой теоретической идеей все более глубокого отражения представлений об исследуемой реальности в научном познании. Так, ломка механической картины мира связана с развитием идеи атомистического строения вещества, в которой изменялись старые представления об атомах как о неделимых корпускулах. При переходе к электродинамической картине мира радикально изменились представления о взаимодействии объектов (идея близкодействия), но сохранились представления о пространстве и времени. В современной физической картине мира значительно расширились представления о типологии физических объектов, но представления о том, что существуют особые агрегатные состояния вещества, сохранились.

Важнейшие смыслы физической картины мира. Физическая картина мира – это *многоаспектное*, интегрированное знание, включающее в себя помимо элементов фундаментальных физических теорий и философские идеи. Наиболее общие понятия, принципы и методы приобретают в ней философско-методологический смысл: позволяют создавать единые системы физической мысли, отражают эволюционный процесс зарождения и смены научных знаний, устанавливают связи между разными аспектами реальностями и помогают осмыслить мир, в котором живет человек.

Физическая картина мира – это обобщение, по смыслам метазнание, которое играет методологические роли. Методологическая направленность ФКМ очевидна из того факта, что многие общие представления в физике о природе сначала сформировались на уровне философских идей, постепенно формируя рождение физической картины мира в более общих чертах, а затем через нее задавая направление и содержание научных поисков и исследований. Таковы, например, атомистические представления, представления о дискретности пространства-времени и т.п. Надо четко осознавать, что сами по себе философские представления не дают картины мира. Физическую картину правильнее расценивать как связующее звено между физической теорией и философско-методологическими положениями. Где с одной стороны, философские представления (в частности, эпистемологии) детерминируют

взгляды исследователей на отношение картины мира к объективной природе и процессу ее познания, а также методы и пути обобщения теорий и др., а с другой – знания физики определяет методологические требования тех или иных подходов к изучению природы.

Онтологическая функция картины мира. Физическая картина мира в её научном понимании складывается как фундаментальный и обобщенный образ природы, но носит исключительно теоретический характер, поскольку существует на теоретическом уровне общественного сознания. Вопрос – является ли физическая картина мира произвольным порождением нашего ума, или, наоборот, отражает независимую от нашего мышления реальность – не простой. М. Планк ставил проблему онтологизированного образа картины мира в виде вопроса: чем является то, что мы называем физической картиной мира? Ф. Бэкон не без горечи констатировал, что «ум человека уподобляется неровному зеркалу, которое, примешивая к природе вещей свою природу, отражает вещи в искривленном и обезображенном виде».

С одной стороны, у ученых-физиков всегда было и есть стремление получить абсолютное знание, а с другой – постоянная констатация неполноты знаний, чувство недостижимости абсолютной истины. ФКМ базируется на фундаментальных теориях, господствующих именно в данный период развития науки и определяемых практическими и методологическими предпосылками своего времени. Поэтому значение ФКМ на определенном историческом отрезке времени в том, что она позволяет временно преодолевать ограниченность и противоречия процесса познания.

Мир – это то, что реально, что объективно существует. Теоретическое знание объясняет человеку реальность, связывает его с этим миром. Физическая картина мира, всегда вписанная в культуру эпохи, задает видение мира в целом и дает общие мировоззренческие выводы. Важно заметить, что переход от одной доминирующей картины мира к другой осуществляется *в ходе деятельности*. Это регулируется целью деятельности, а эффективность перехода – *инструментами деятельности*. Таким образом, значение сменяющихся физических картин мира в том, что они помогают *управлять познанием*, помогают усвоению систем научных знаний. В этом смысле они играют ведущую роль в понимании окружающего нас мира природы.

В собственно *методическом знании* мировоззренческий смысл физической картины мира и соответствующий стиль мышления находят отражение в организации постановки и решения учебных задач и в форме изложения научного материала в учебном процессе, обеспечивают **компетентностный подход в обучении**. В динамично изменяющихся условиях современного мира устойчивость качества образования выражается в профессиональной компетентности учителей, студентов и компетенциях школьников в обучении.

Компетентностный подход формируется согласно структуре и перечню компетенций, определяемых ФГОС ВО (3++)³. Компетентностный подход определяет совокупность универсальных – *УК* и общепрофессиональных – *ОПК* компетенций, и таким образом регулирует необходимый уровень профессионализма. Такой подход рассматривается как необходимое условие изменения современного образовательного процесса (как олицетворение инновационного процесса в образовании); в качестве одного из способов достижения принципиально нового уровня образования (как радикальное средство его модернизации).

Структура профессиональной компетентности педагога включает следующие необходимые компоненты: – *систему знаний*, определяющих теоретическую подготовку; – *систему умений и навыков*, составляющих практическую готовность к осуществлению профессиональной деятельности.

В отличие от традиционных характеристик (знаний, умений и навыков), специфика компетентностного обучения по ФГОС ВО (3++) в педагогическом образовании предполагает такие важные качества, как: *системное и критическое мышление, способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации (компетенция УК-1)*; интегративный и творческий подход, возможность осмысленно воспринимать и оценивать тенденции развития современной науки, познания (и системы образования в целом); изучать, а также использовать новые образовательные технологии и методы обучения, анализировать инновационный опыт и планировать его использование в учебном процессе; *осуществлять или проектировать педагогическую деятельность на основе научных знаний (ОПК-8)*; в ходе учебного процесса *организовывать совместную и индивидуальную учебную и воспитательную деятельность обучающихся (ОПК-3)*; *осуществлять контроль и оценку формирования результатов образования обучающихся, выявлять и корректировать трудности в обучении (ОПК-5)* и др.

А для реализации этого – *понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их (ОПК-9)*, что должно обеспечивать педагогу более успешное решение поставленных перед ним задач и современное наполнение учебного процесса.

Актуальность реализации компетентностного подхода выдвигает серьёзные требования к разработке предметной *методики обучения*. В частности, предлагаемое учебное пособие и соответствующий учебный курс «Физическая картина мира» (методические особенности его построения)

³ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования с учетом профессиональных стандартов (3++): бакалавриат по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. N 124), бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. N 125), магистратура по направлению подготовки 44.04.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г N 129).

соотносят вопросы развития фундаментального физического знания в аспекте исторического развития с разноплановыми вопросами научного познания, и с опорой на полученное знание выводят на обобщения, имеющие мировоззренческое значение. А это значит, предполагают развитие способности *определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения (УК-2)*, например, регулировать план изучения материала, вырабатывая правильную стратегию построения и ведения учебных занятий под разные цели учебной программы.

Выделим ряд общих компетенций. Ценностно-смысловые компетенции учебного курса «Физическая картина мира» связаны с ценностными ориентирами, с формированием способности видеть и понимать окружающий мир и природу. Знания ФКМ обеспечивают формирование общекультурных компетенций (формирование научного мировоззрения, культуры научного мышления), учебно-познавательных компетенций (получение знаний об окружающей действительности, навыков инициативной деятельности по отношению к информации и в окружающем мире).

Итак, сейчас понимается, что человек воспринимает физическую картину мира как данность, как объективность, существующую независимо от наших личных мнений, как обобщенный понятный образ Вселенной, как понимание основ, устройства и развития мира (законов, которыми он управляется) и, главное, своё место в ней. Понятие «физическая картина мира» входит в содержание понятия «мировоззрение» как онтологическая составляющая. Ее базовые мировоззренческие представления являются одним из факторов, которые многое задают. Прежде всего, они задают самого человека, его мировосприятие, задают пространство жизни, мышления, деятельности.

В итоге должным образом сформированная картина мира, обусловленная множеством зависящих и независящих от человека факторов (качество и доступность источников обучения, базовые знания и др.), в значимой степени формирует общественную жизнь. И состояние общества в свою очередь задает границы применимости картины мира.

Глава 1. Методы и средства научного познания

§ 1.1. Понятие об эпистемологии как теории знания

Теория познания без соприкосновения с наукой вырождается в пустую схему. Наука без теории познания (насколько это вообще мыслимо) становится примитивной и путаной.

Альберт Эйнштейн

Теория познания (эпистемология, гносеология) – раздел философии, в котором анализируется природа и возможности научного знания, его границы и условия достоверности (В.А. Лекторский). Основные понятия эпистемологии: знание, познание, сознание, чувство, разум и рассудок, истина. Понятие «знание» является центральным в эпистемологии.

Приоритетно вопросы, касающиеся *познания*, в философии называются гносеологическими.

Устойчивая тенденция к разграничению понятий эпистемологии и гносеологии характерна в современной философии. При таком подходе эпистемология исследует знание как таковое: его строение, состав, структуру, функционирование и развитие, соотношение «объект – знание» (отношение систем знаний к объекту, механизм реализации знаний объекта на практике); границы достоверности. Гносеология изучает природу и механизм познания в процессе познавательной деятельности, пути, источники, условия и методы познания, отношение между знанием и действительностью, соотношение «субъект – объект» (как специфическую форму взаимодействия субъекта и объекта познания).

Процесс познания содержит три составляющих: субъект, объект и знание как результат познания.

Осмысление понятия «знание». В течение последних десятилетий в центре многих наук продолжают оставаться разнообразные вопросы знания, его отношения к действительности, к сущности познания (эмпирический и теоретический уровень познания, принципы познания, специфика и критерии научного познания), к проблеме объяснения структуры и формы опыта, к проблеме метода, к вопросам смысла, понимания, истины.

Говоря о знании, чаще всего подразумевают отражение действительности в сознании человека. По убеждению И. Канта: «Главное совершенство знания <...> есть истина», но «так как объект находится вне меня, а знание во мне, я могу судить лишь о том, согласуется ли моё знание об объекте с моим же знанием об объекте». В. Гейзенберг по этому поводу писал: «Мы должны помнить, что то, что мы наблюдаем, – это не сама природа, а природа, которая выступает в том виде, в каком она появляется благодаря нашему способу

постановки вопросов». И. Кеплер определял по сути: «Познавать означает сопоставлять воспринятое извне с внутренними идеями и выносить суждение о том, насколько то и другое совпадает».

Знание едино (объективно и субъективно). Начиная с XX века концепция объективности научного знания в методологии науки существенно трансформировалась, и объективность перестали противопоставлять субъективности (пример исследования объектов микромира). Даже психологи довольно твердо утверждают: «...субъективность есть факт объективной реальности, она входит в состав реальных жизненных процессов человека, а потому субъективное и есть объективное» (В.И. Слободчиков, Е.И. Исаев). Роль человека в познании мира растет, отсюда растет роль субъективности как объективного фактора.

Подход к построению знаний может быть разным. Может ли быть познаваем мир в принципе? Как должно строиться познание и формироваться знание?

- «Что я могу знать?» – в таком виде И. Кант формулировал общий вопрос, на который, по его мнению, должна ответить теория познания.

- М. Бунге писал: «Критический реализм оказывается наиболее плодотворной эпистемологией, так как поощряет стремление видеть дальше любой теории...».

- К. Поппер к эпистемологии относил только вопросы, касающиеся научного познания. Для него эпистемология должна пользоваться методами эмпирической науки, иметь дело только с научным знанием и быть основана на изучении истории научного познания.

- Т. Кун также считал, что в эпистемологии ученый должен стать историком науки и заняться эмпирическим исследованием конкретных фактов этой истории.

Исторически каждое философское направление, каждый классик разрабатывает свою систему эпистемологических представлений и принципов. В. Гейзенберг с достаточной долей реалистичности констатировал: «Почти каждый новый шаг в развитии естествознания достигается ценой отказа от чего-либо предшествующего <...> Таким образом, по мере расширения знаний у ученых в известной степени уменьшаются притязания на полное «познание» мира».

Знание способно к развитию. Знание может изменяться в ходе исторического процесса (накапливаться, обобщаться, конкретизироваться, уточняться). Знание модельно и, по сути – знаковое; оно всегда гипотетично (требует постоянной критики, проверки, пересмотра, в том числе и методов познания); прогностично и способно к изменению (возможность сделать из него выводы о будущем поведении объекта знания).

Академик РАН В.А. Лекторский, оценивая значимость вопроса, подчеркивает: в эпистемологии проблема отношения знания к той реальности, в которой живёт человек и которая «становится всё более сложной», не только не исчезает, а «становится даже актуальнее».

Типы знаний. Согласно современным представлениям методологов (Г.П. Щедровицкий, В.С. Степин, В.А. Лекторский и др.) типы знаний, в главном определяются:

- характером и особенностями мышления и деятельности;
- спецификой процедур получения знаний (развитием механизмов, технических устройств, информационных технологий);
- особенностями структур коммуникации при передаче знаний и процессов трансляции знаний (методы, методики, принципы).

На этой идейной основе Г.П. Щедровицким выделены следующие *типы знаний*: а) практико-методические; б) естественно-научные; в) конструктивно-технические; г) оргуправленческие; д) философские, мифологические, религиозные; е) проектные; ж) системы знаний о ценностях (этика и др.); з) нормативные системы знаний (логика, языкознание, лингвистика и др.); и) методологические; к) знания о деятельности (системы знаний психологии, педагогики и др.).

Очевидно, что эпистемологическими единицами любых систем знаний являются следующие **знаниевые образования**:

- *факты* – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности (выделение, использование, систематизация, объяснение);
- онтологические мыслительные картинки современной реальности;
- средства выражения знаний, фактов, т.е. *языки описания, представления*;
- *системы методик* изучения или исследования, т.е. *нормы* процедур деятельности;
- *модели* объектов или явлений, замещающие частные, эмпирические объекты исследования;
- знания по статусу в системе теории: *физические величины, теоретические конструкты (объекты без опоры на опыт), принципы, гипотезы, законы, постоянные величины, уравнения* и др.;
- *проблемы*;
- *задачи* (научные, проектные, методические и др.);
- *интерпретации*.

По Г.П. Щедровицкому «выделение мира объектов» создает основу для науки, а «выделение мира знаний» создает «необъятную задачу» для решения эпистемологией. Поскольку «знания» «существуют в деятельности; внутри деятельности есть знания», поэтому они всегда должны рассматриваться как «компонент и элемент деятельности».

В эпистемологии в настоящее время остроактуальными становятся вопросы информации, знания и познания, исключительно связанные со стремительным развитием нанотехнологий, биотехнологий, информационных технологий, а, следовательно, с соответствующими системами знаний в деятельности человека. В науке и в познании выделена главная задача: понять отношение человека к современному миру и осмыслить новые знания о мире, в котором живет человек.

§ 1.2. Языки представления знаний

Физика <...> должна стремиться к описанию и пониманию природы. Однако понимание любого рода <...> всякое описание явлений, опытов и их результатов основывается на языке как на единственном средстве понимания.

Вернер Гейзенберг

Содержательные смыслы языковых средств познания.

Фундаментальная проблема языкового представления знаний достаточно обширная и многообразная, чтобы раскрыть ее в полной мере. Рассмотрим общую постановку вопроса и обозначим некоторые важные аспекты.

Действительность, познание, знание и знаковые представления взаимосвязаны между собой. Поскольку знание не существует вне нашего осознания, поэтому оно должно быть заключено в хорошо приспособленные для чувственного восприятия и удовлетворяющие процесс познания языковые средства. Это соответствующие знаковые формы: понятия, знаки, символы и пр. Значение и смыслы языковых средств науки в том, что они позволяют рождаться новым знаниям; расширяют познавательные возможности исследователей; помогают организации и координации практических действий, в том числе усвоению тех знаний, которые они выражают и транслируют; аккумулируют и цементируют разнородное содержание социокультурного пространства. Очень точно в свое время выразился российский физик и математик В.В. Налимов: «Человек видит Мир через символы, порождаемые его воображением. И мы все время ищем все новые символы для понимания Мира».

Точные науки (математика, физика, химия, информатика и др.), используют специальные искусственно созданные знаково-языковые средства (структуры, символы). Такой язык представления знаний более емкий, строгий и краткий.

Физическая картина мира имеет специфическую языковую структуру, которая формируется в фундаментальной области науки.

Онтологизация как специальная методологическая работа. Острой проблемой представления знаний с использованием языковых средств является проблема онтологизации объектов, когда понятия, составляющие её основание, отождествляются с действительностью. Поэтому важным аспектом при построении физической картины мира является её онтологический статус (каковы основания для онтологизации наших представлений о физическом мире? как происходит отнесение элементов картины мира к объективной реальности?).

Суть проблемы в том, что с помощью языка представления знаний (который всегда историчен сообразно смыслу своей эпохи), картина мира не

всегда воспроизводится правильно и точно. На каждом этапе исторического развития элементы картины мира, соответствующие объективной реальности, позволяют отождествлять эту картину с реальным миром, но только до определённого момента – когда открытия науки выходят за границы идеализированных допущений. Например, на границе XIX–XX веков достаточно остро стояла проблема выбора и обоснования онтологических постулатов физики: фундаментальные абстракции, признанные в качестве элементов объективной реальности (неделимый атом, мировой эфир, абсолютное пространство и время) оказались идеализациями, имеющими ограниченную область применения. Тогда же обнаружилась ограниченность способа мышления с помощью старых понятий.

Однако, по убеждению М. Планка, онтологизация картины мира имеет важное значение в науке, поскольку в открытиях выдающихся исследователей (Н. Коперник, И. Кеплер, И. Ньютон, Х. Гюйгенс, М. Фарадей) «опорой всей их деятельности была незыблемая уверенность в реальности их картины мира».

Еще один важный момент. В физическом знании важна градация между объективной реальностью, не зависящей от теории, и с теми физическими понятиями и знаковыми представлениями, которыми оперирует теория. Например, одна и та же реальность может быть описана при помощи разных языковых средств: часть из них соответствует объективной реальности, а с помощью других мы обозначаем себе эту реальность. Известный методолог Г.П. Щедровицкий жестко писал: «Наши представления об объекте, да и сам объект как особая организованность, задаются и определяются не только и даже не сколько материалом природы и мира, сколько средствами и методами нашего мышления и деятельности».

Соотношение понятий «предмет – объект». Методологически обоснованный подход к проблеме языка представления знаний требует чёткого разграничения понятий объекта и предмета изучения.

Предмет – это знаковая форма, заменяющая реальность (модель); хотя, впрочем, для конкретного человека это и есть первичная реальность. Физика работает с предметами, с научными предметами, она их строит, на основе работы с ними получает знания. Предмет изучения физики составляют важнейшие фундаментальные понятия – материя, физический мир, фундаментальные взаимодействия природы, физический объект.

Объект – очень общая философская категория, выражающая нечто, что может существовать в реальной действительности; что существует независимо от нашего сознания, т.е. внешний мир, материальная действительность – в итоге все многообразие живой и неживой природы. Понятие об объекте – одно из самых принципиальных в физике.

При сопоставлении, понятия «объект» и «предмет» рассматриваются с точки зрения и объективного и субъективного. Объект – объективен, предмет – субъективен. При этом понятие «объект» разделяет объективное и субъективное, а понятие «предмет» познавательно объединяет их.

В формулировке Г.П. Щедровицкого содержится стремление сжато определить отношение объекта и предмета к знанию: «Объект существует

независимо от знания, он существовал и до его появления. Предмет знания, напротив, формируется самим знанием».

Считается, что, если объект науки составляет часть, свойство или отношение, присущие объективному миру и независим от исследования, то предмет изучения, наоборот, порожден деятельностью ученого, но не произвольной, а обусловленной особенностями объекта и предшествующими достижениями науки. Смысл предмета раскрывается при сочетании сопровождаемого своеобразным отбором материала реальности с носителем – знаковой формой (идеей, словом, знаком и т.п.), за которой стоит (и расшифровывается) предметно-преобразующая деятельность человека. Без восприятия человеком нет предметов. Но и человека без предметов нет, он мыслит и действует с их помощью.

Многие предметы не связаны (не соотносятся) с какими-либо объектами. Отсюда они чувственно не воспринимаемы, их существование происходит только в форме схем, моделей и т.п. но они тоже изучаются. Но и объекты, которых нет, тоже изучаются и описываются (например, идея вечного двигателя).

Соотношение «объект – предмет» довольно сложное (рис. 1.2.1.).

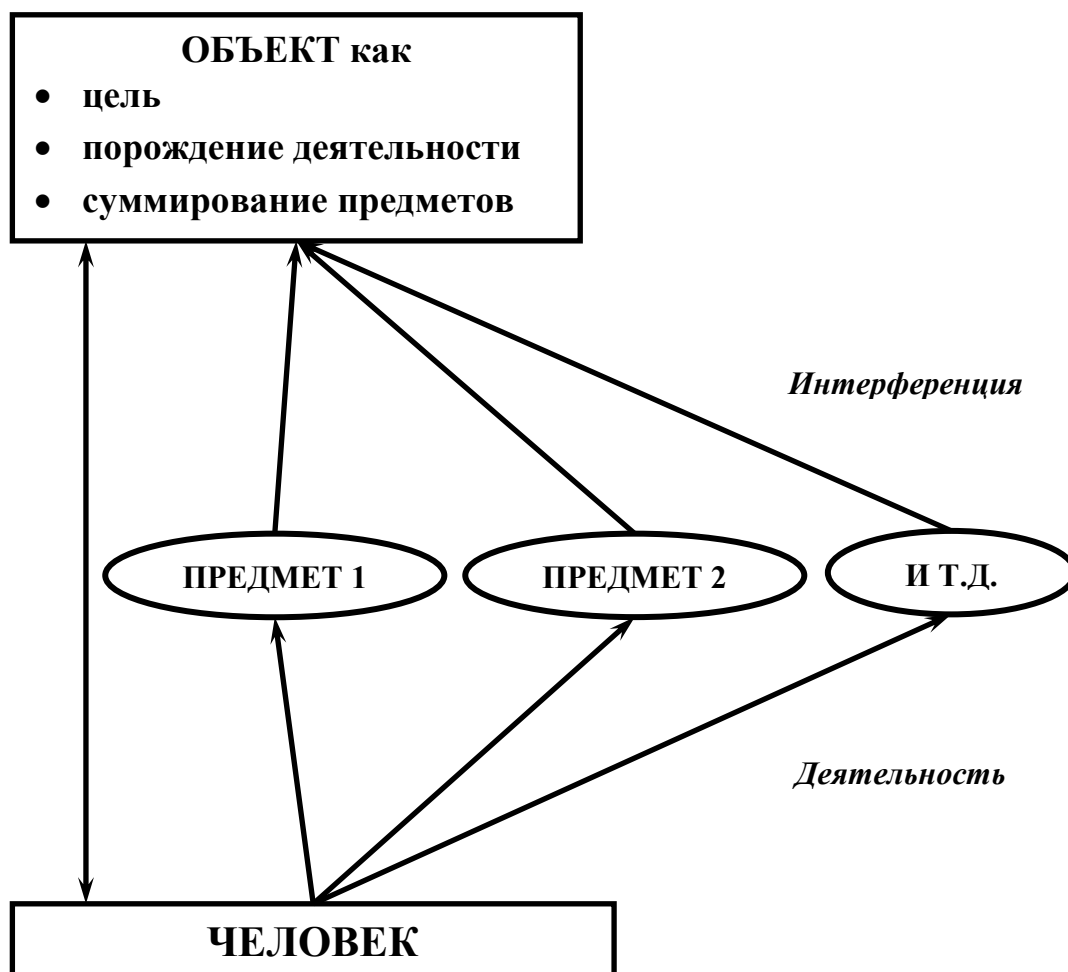


Рис. 1.2.1. Соотношение «объект – предмет»

Предмет познания не является частью объекта, а является стороной (моментом, аспектом). Одному и тому же объекту может соответствовать несколько различных предметов в зависимости от цели решения задачи.

Смысл отношения «объект – предмет» глубоко выражен у Г.П. Щедровицкого: «...первая реальность мира – это предметы, а уж объекты и объективный мир – вторая реальность. И эта вторая, объективная реальность – хотя она и есть подлинная реальность, в отличие от предметной, подлинная по сути дела, по сути принципа материализма – она при этом вторична, и надо двигаться от предметов как феноменальной реальности, той реальности, из которой состоит наш мир».

Выделение объекта – довольно жесткая процедура. Выделение объекта познания на эмпирическом уровне или не всегда осуществимо, или оказывается возможным только на основе его предмета. Тогда на основе всех знаний об исследуемых предметах, можно построить и принять представление об объекте, обосновать и выполнить процедуры онтологизации его, придать объекту статус объективно существующего в мире. Весьма показательным примером в этом отношении являются электромагнитные волны, введенные Дж. Максвеллом в физику на основе интерпретации уравнений электродинамики. Они стали реальностью только после их экспериментального обнаружения Г. Герцем.

В науке исследователь, приступая к изучению какого-либо объекта, выделяет и фиксирует ряд основных характеристик объекта, которые в совокупности дают объект в целом. Полученное таким образом знание об объективно существующем всегда объективируется и само по себе образует «предмет», который в дальнейшем рассматривается либо как предмет науки, либо как предмет знания, либо, как предмет практической или теоретической деятельности. Этот процесс зависит от задач и целей исследования.

Процесс онтологизации не разовый и не одномоментный, не абсолютный и не однозначный. Существование объектов постоянно проверяется практикой.

В вопросах обучения мышлению педагогика постоянно сталкивается с проблемой включения в деятельность языковых средств познания и освоения способов деятельности с ними в стремительно меняющемся мире. В теории педагогики совершенно закономерно ставится вопрос: «какими путями и с помощью каких методов можно обеспечить наиболее быстрое и эффективное усвоение в обучении знаковых систем и как должно меняться само обучение» с изменением языков представления знаний (Г.П. Щедровицкий).

Для нашей цели, для практики образовательной деятельности важно, что в обучении объект сначала представляется существующим в реальности и только потом ставится задача его описания. Процедура выделения реального объекта схематизирует этот объект, т.е. задает его как модель, в том числе через язык описания. Отсюда язык описания рассматривается как нечто внешнее, иногда формальное (в методологии – системное описание и т.п., а в обучении, например, – язык блок-схем).

Важно, что на определенном этапе познания объект отделяется от языка описания (*различение реальности и описания*). К сожалению, крайне важная при обучении процедура различения деятельности с предметами реальности и

предметами-описаниями пока не нашла достойного места в методике физики, а практика различения реальности и описаний в обучении требует дальнейшего развития и широкого распространения.

Иногда объект задается (определяется, привязывается) через перечисление группы однородных объектов. Например, понятие «тело» в физике. Затем начинается *исследование* объекта в ходе работы с ним, включения его в связи и т.п., то есть, происходит использование, изучение его модели. Возможно исследование модели, которое заключается в развертывании её «от абстрактного к конкретному», в раскрытии её использования. Последнее определяется в ходе соотнесения модели и свойств объекта, т.е. поведения модели и поведения конкретного объекта. Для такого исследования объект модельно надо ставить в разные условия, т.е. мысленно или в натуре экспериментировать с ним. В итоге задается множество моделей (предметов) первоначального объекта. Затем происходит обобщение, т.е. определение объекта через предметы. Таким образом, задается деятельность и нормы деятельности. А дальше процедура повторяется. *Цикличность познания* заключена именно в этой особенности познания.

В целом для методики обучения проблема представления языка знаний исторически сильно зависит от соответствующих обобщений и результатов работы специалистов-методологов по принятию правил деятельности при познании (работы над нормами деятельности), диалога специалистов при согласовании позиций.

Процесс формализации познания. Язык описания рассматривается как нечто внешнее, иногда формальное. Не случайно говорят о формальных языках в *математике, информатике, лингвистике, логике*, знаковые структуры которых основываются на соответствующих содержательных теориях. Они приобретают в настоящее время специфическое значение из-за многократно возрастающих объемов научно-технической информации и трудностей ее абстрактно-логической обработки. Недостаток формализованных языков – маловыразительность.

Математический язык следует считать, пишет Н. Бор, «усовершенствованием общего языка, оснащающим его удобными средствами для отображения таких зависимостей, для которых обычное словесное выражение оказалось бы неточным или сложным. В связи с этим можно подчеркнуть, что необходимая для объективного описания однозначность определений достигается при употреблении математических символов именно благодаря тому, что таким способом избегается ссылка на сознательный субъект, которым пронизан повседневный язык».

Широкое развитие в последние десятилетия разнообразных информационно-коммуникационных технологий и видов связей, возникновение новых специальностей, выделение учебного предмета информатики привели к формированию целого виртуального мира со специфическими объектами и средствами его описания и к его познанию в обучении.

§ 1.3. Понятие о факте в познании

Факты – это воздух ученого. Без них вы никогда не сможете взлететь. Без них ваши «теории» – пустые потуги. Но изучая, экспериментируя, наблюдая, старайтесь не оставаться у поверхности фактов. Пытайтесь проникнуть в тайны их возникновения. Настойчиво ищите законы, ими управляющие.

Иван Павлов

Понятие «факт» как специальный термин, используемый в науке, значительно шире и многограннее, чем понятие «факт», применяемое в обыденной жизни. В гносеологии фактом называют форму представления знания. Факт имеет сложное строение и включает в себя *информацию о действительности, интерпретацию факта, способ его получения и описания*. Понятие «факт» исторически утверждалось в качестве методологической категории только после многочисленных попыток определить его сущность. В науке по-разному оценивалась роль факта, но никем не оспаривалась его необходимость в качестве элемента научного знания и познания. Еще Фридрих Энгельс писал, что всегда «в любой научной области <...> надо исходить из данных нам фактов...». Определение этого понятия никогда не было абсолютным и постоянным. Тенденция его устойчивого утверждения продолжается в наши дни, привлекая к себе внимание специалистов в разных науках.

Что считать фактом? – вопрос, фундаментальный для любой науки. Ответ на него частично содержится в высказываниях ученых. Великий ученый и философ А. Пуанкаре оценивал важность выбора фактов, их «полезность», «моральность», повторяемость, гармоничность и др., но подчеркивал: «наука не сводится к сумме фактов...». Британский философ Б. Рассел, внесший значительный вклад в теорию познания, писал: «Говоря о факте – я не предлагаю точного определения, но пытаюсь объяснить так, чтобы вам стало ясно, о чём идёт речь, – я имею в виду то, что делает пропозицию истинной или ложной...». Такого же мнения придерживался немецкий логик, математик и философ Г. Фреге: «Что такое факт? Факт – это такая мысль, которая истинна».

В настоящее время в науке, и, прежде всего в методологии сформировалось в достаточной мере определенное и понятное отношение к «факту», но одновременно непростое и неоднозначное. Например, что считать «чистым» фактом? Действительно ли истинность «факта» столь однозначна, что не допускает нескольких толкований?

Некоторые современные ученые высказываются довольно категорично: «Чтобы не изменить подлинным фактам жизни, надо понимать всю бездну, лежащую между «фактом» и «смыслом», «сущностью». Но жизнь есть как раз

объединение «фактов» и «сущностей», и, само по себе взятое, то и другое есть нереальная абстракция». И несколько острее о факте в физике: «факты же сами по себе ни в коей мере не есть предмет физики как науки» (А.Ф. Лосев).

Все вышесказанное свидетельствует о глубоком сущностном смысле «факта» и важности его определения и конкретного использования.

В понимании природы факта неоспоримым остается **значение эмпирических фактов**. Информация о действительности в науке начинается именно с факта эмпирического (эмпирического опыта), его воспроизводства и систематизации посредством применения двух основных методов *наблюдения и эксперимента*.

В современной физике отдельно выделяются *статистические факты*, не поддающиеся наблюдению, когда при изучении явлений микромира критерии наглядности утрачиваются.

Наглядным примером эмпирического факта, полученного экспериментальным методом, может служить экспериментальное открытие катодных лучей в конце XIX века и изучение их основных свойств. После того, как лучи случайно были обнаружены в опытах с электрическими разрядами в газовых трубках, выяснилось, что существующие теоретические знания ничего не говорят о природе нового физического агента. Начался длительный период изучения катодных лучей преимущественно экспериментальными средствами.

Кроме того, нельзя недооценивать полученные из наблюдения факты, которые могут не только видоизменять сложившуюся картину мира, но и приводить к противоречиям в ней и требовать ее перестройки. Например, наблюдение расщепления света в спектр противоречило геометрической модели света и привело, впоследствии к электромагнитному толкованию природы света.

Соотношение «факт – теория» (теоретическая интерпретация). Чаще всего, стандартная теоретическая интерпретация эмпирического факта представляет собой утверждение его в рамках определенной теоретической системы (превращая его в теоретический факт).

Например, экспериментальным путем в начале XIX века были исследованы и определены плотности различных газов, их молекулярные веса. Было установлено, что отношение этих величин есть величина практически одинаковая. На основании этого эмпирического факта А. Авогадро удалось теоретически интерпретировать результаты. В результате был сделан вывод, что при одинаковой температуре и давлении в одинаковых объемах различных газов содержится одинаковое число молекул. Подтвердить этот вывод путем прямого подсчета числа молекул, то есть эмпирически – невозможно. Другой пример: только после наблюдения в течение ряда десятилетий индуцированного излучения (рассматриваемого в качестве теоретического факта), лишь в начале пятидесятых годов XX века был предложен способ усиления света и радиоволн, основанный на использовании индуцированного излучения, а в наши дни он лег в основу конструирования квантовых генераторов и квантовых усилителей.

Однако А. Эйнштейн писал: «Нет логического пути, ведущего от опытных данных к теории». Фактически теория – нечто большее, чем просто обобщение суммы научных фактов, полученных на уровне эмпирического исследования. Она сама может становиться источником получения новых научных фактов. Теоретические знания становятся направляющей силой, которая указывает пути отыскания новых фактов. Только «теория определяет, какой именно факт вы увидите» (А. Эйнштейн).

В истории научного познания имеются примеры, когда открытия не были сделаны потому, что наука не располагала теоретическими представлениями для понимания и интерпретации эмпирических фактов, а имеющиеся теоретические представления еще не получили статус «научного знания». Известно, что К. Дэвиссон и Дж. Томсон независимо друг от друга открыли волнообразность электрона в 1927 году. А потом выяснилось, что К. Дэвиссон уже наблюдал электронную дифракцию шестью годами ранее, но не смог понять странную картину, получающуюся при работе с электронами и кристаллом никеля.

Заострим внимание на том, что в современной эпистемологии выделяются, по сути, противоположные точки зрения на соотношение «факт – теория». Одна: факты лежат вне теории: подчеркивается независимость формулировки фактов от теоретических построений (автономность факта). Другая: подчеркивается глубокая диалектическая зависимость фактов от выбора теории («загруженность» факта теорией), когда факты могут изменяться. Так рождается иллюзия тождества факта науки и события действительности, что позволяет некоторым философам и ученым говорить о факте как об абсолютной истине. Такое представление не соответствует реальной картине познания, догматизирует и упрощает его. К. Поппер предостерегал: «Факты» не являются основой теорий, а также их гарантией: они не более надежны, чем какие-либо из наших теорий или «предрассудков», но даже менее надежны, если вообще можно говорить об этом».

Несмотря на разное видение факта, чаще обе точки зрения суммируются.

«Построение факта». В понимании природы факта в современной методологии науки выделяют не только представление о факте как объективно существующем явлении, но и о «построении факта» (описании) как некотором состоянии реальности средствами определенного теоретического языка.

Любое описание фактов ограничено. Точность и продуктивность выделения и описания фактов зависит от методик и от теоретического видения исследователя. Четкая позиция прослеживается в словах Луи де Бройля: «результат эксперимента никогда не имеет характера простого факта, который нужно только констатировать. В изложении этого результата всегда содержится некоторая доля истолкования, следовательно, к факту всегда примешаны теоретические представления. <...> Экспериментальные наблюдения получают научное значение только после определенной работы нашего ума, который, каким бы он ни был быстрым и гибким, всегда накладывает на сырой факт отпечаток наших стремлений и наших представлений». Свое отношение к построению факта подчеркивал и А. Пуанкаре: «Вся творческая деятельность

ученого по отношению к факту исчерпывается речью, которую он его выражает». Более категорично высказывался один из самых влиятельных философов науки XX столетия К. Поппер, подчеркивая относительность эмпирических подходов: факты можно «игнорировать» или «подгонять под любую схему».

Таким образом, собрание эмпирических фактов, как бы обширно оно ни было, без теоретического построения, без «деятельности ума» исследователя не может привести к научному познанию и к установлению каких-либо законов (А. Эйнштейн).

«Научный факт». Фактически, эти процедуры деятельности – описание, объяснение смысла и систематизация фактов (явлений, процессов и закономерностей), выявленных эмпирическим путем; обобщение, фиксирующее эмпирическое знание, интерпретация и попытка целостного охвата действительности с помощью теоретического знания (как теоретический факт) суммируются (в разных случаях в разной степени) – и формируют понятие «научный факт».

Когда говорится о научном факте, почти всегда подразумевается сформулированная теория или определенная научная технология. Вот как оценивает построение научных фактов, полученных основателем экспериментальной физики Г. Галилеем с помощью наблюдений, историк науки А.В. Ахутин: «...наблюдения становились научными фактами по мере того, как они втягивались в фокус противоречия между двумя фундаментальными теоретическими системами. Сам процесс обсуждения, интерпретации и втягивания в этот решающий спор был по отношению к наблюдениям продуктивной работой, в которой эти – первоначально лишь «возвещенные» – наблюдения впервые становились действительными научными фактами».

В.И. Вернадский писал: «Научные факты составляют главное содержание научного знания и научной работы. Они, если правильно установлены, бесспорны и общеобязательны».

Чтобы точнее раскрыть **смысл понятия «научный факт»**, выделим некоторые методологически важные аспекты (свойства), характеризующие его содержание и место в структуре теории.

- Научный факт включается в теоретическую систему только тогда, когда обладает двумя фундаментальными свойствами, а именно: *достоверностью и инвариантностью*. Достоверность научного факта проявляется в том, что он воспроизводим, и может быть получен путем новых экспериментов, проведенных в разное время разными исследователями. Инвариантность научного факта заключается в том, что он сохраняет свою *достоверность* независимо от многообразных интерпретаций. Научные факты, устанавливаемые разными способами, обладают различной степенью достоверности.

- Научный факт по своей природе несет в себе ограниченность, т.е. всегда *имеет границы применимости*. Но проявляется это только через несоответствие частных следствий эмпирическому опыту. Расхождение

отдельных фактов с теорией не означает, что теория должна быть обязательно отвергнута.

- Научные факты не могут исчезнуть или измениться (они научно и эмпирически подтверждены), они могут лишь накапливаться, причем на ценность и смысл фактов не влияет время их хранения. Научный факт может быть «разрушен» (опровергнут) в будущем другим научным фактом.

- Принципиально, что факт *связан с деятельностью*, является её порождением – вот ключевая позиция для понимания природы факта.

Проблема понимания факта в обучении. Особенно сложно объяснение факта в гуманитарных науках, к которым относится педагогика. Многокомпонентность системы знаний педагогики, которая включает в себя знания многих наук, от физиологии до психологии, усложняет проблему понимания факта.

В плане обучения известный психолог В.В. Давыдов занимал четкую позицию: «Индивид должен действовать и производить вещи согласно тем понятиям, которые как нормы имеются в обществе заранее, – он их не создает, а принимает, присваивает». Освоение реальной действительности в обучении происходит через принятие, присвоение теоретических фактов, порожденных деятельностью человечества.

Сейчас постулатом педагогики и психологии является утверждение, что человек воспринимает любые объекты в поле значений, целей, т.е. субъективно. Таким образом, он всегда строит свой предмет, свой факт.

При решении разного рода жизненных задач, от научных до практических, человек опирается на мир чувственных в широком смысле (предметно-действенных) фактов. Когда факт приобщен к культуре и цивилизации, он становится включенным в систему задач и ценностей человека. Например, утверждение о существовании природы и материального мира – доказанный факт из многовекового опыта людей и человек использует его для продуктивного познания мира.

«Научный факт» в методике обучения должен определяться как связующее звено между предметными действиями и формированием в индивидуальном сознании соответствующего факту понятия – с одной стороны; между абстрактным теоретическим знанием и практической его применимостью – с другой стороны. Методологические вопросы такого уровня могут быть осознаны при изучении физики в основной школе. И это важный момент в обучении, и этому надо тоже учить.

В итоге следует отметить, что в настоящее время в силу многозначности понятия «факт», оно утрачивает свой классический смысл. Многие современные исследователи предпочитают пользоваться такими понятиями как «эмпирические данные», «исходные данные», «первичные сведения», «первичная информация» и т.д. Таким образом, современное научное познание, сохраняя понятие факта, значительно расширяет терминологический аппарат для обозначения эмпирического базиса познания.

§ 1.4. Научная гипотеза

Всякая плодотворная гипотеза кладёт начало удивительному извержению потока непредвиденных открытий.

Леон Бриллюэн

Гипотеза – известное понятие в науке (категория, норма, процесс). Логически и наиболее типично она определяется так: предполагаемое знание о чем-либо; выдвигаемое допущение о каких-то свойствах и закономерностях действительности; догадка или утверждение, истинность которого еще не доказана. Понятие гипотезы может быть определено как прием познавательной деятельности; вероятное предположение о причине явлений, достоверность которого не может быть установлена в рамках известного знания, но которое объясняет явления. В. Дильтей подчеркивал, что «гипотеза является необходимым вспомогательным средством прогрессирующего познания природы». Исторически этот прием становился и сейчас в целом продолжает становиться все более и более инструментальным. Это накладывает отпечаток на работу с гипотезой в современной науке.

В обучении содержание этого приема раскрывается при расшифровке конкретного вида познавательной деятельности: решение учебных задач; экспериментальная или проектная деятельность; восприятие, оценка и обработка информации; понимание текстов; мышление; работа с компьютером и электронными образовательными ресурсами; работа с аудио- и видеoinформацией; рефлексивная деятельность и др.

Основные функции гипотезы. Гипотеза по-разному проявляется в разной деятельности, выполняет разные функции.

- Значение гипотезы как *основы построения теории* в том, что она при развертывании может приводить к возникновению системы научных знаний – теории. Значение гипотезы так определял логик К. Гёдель: «Роль пресловутых «оснований» сравнима с той функцией, которую в физических теориях выполняют поясняющие что-либо гипотезы...».

- Научная гипотеза, как *перспектива нового знания*, несет потенциальную способность разрешить определенные противоречия и существенно продвинуть научное познание, предсказать неизвестные ранее факты или явления. «Из всех гипотезе выбирайте ту, которая не пресекает дальнейшего мышления об исследуемых вещах», – считал Дж. Максвелл. Примером в истории науки может служить предположение Максвелла, когда он обнаружил формальное сходство уравнений в разных областях – между построенными им уравнениями электродинамики и уравнениями распространения волн в упругой среде. Эта аналогия подсказала ему замечательную мысль о волновой природе электромагнитных возмущений, что в 1886 году экспериментально подтвердил Г. Герц.

Многие важные теоретические открытия в физике подтверждались путем экспериментальной проверки теоретических гипотез. Например, принцип наименьшего действия Пьер Луи де Мопертюи сформулировал в 1744 году на основе общих умозаключений. В настоящее время и классическая, и квантовая механика, и теория поля основаны на всеобщем принципе наименьшего действия У. Гамильтона. В 1899 году М. Планк ввёл понятия кванта электромагнитного поля, кванта действия, что было следствием чисто теоретической гипотезы. В 1905 году А. Эйнштейн опубликовал работу по специальной теории относительности, построенную дедуктивным путём из самых общих физических соображений.

Таким образом, гипотеза представляет собой переход от старого теоретического знания (объяснения) к новому: «Они (гипотезы) <...> представляют собой единственный путь, которым величайшие люди дошли до открытия самых важных истин» (М. В. Ломоносов).

Гипотеза по ее логической форме, несомненно – знание (система знаний), но знание, которое содержит предположительный ответ на проблему. Следовательно гипотеза – знание вероятностное, истинность которого не нашла окончательного подтверждения. С одной стороны, научная гипотеза знание – наиболее неопределенное по сравнению с другими знаниями (закон, аксиома, постулат, теория), но с другой стороны – знание о неизвестном будущем (в этом смысле всегда методологически окрашенное).

- Гипотеза предсказывает факты, *задает видение фактов* в научном познании. Но взаимозависимо именно факты (чаще всего) служат источником выдвижения научных гипотез для построения теорий. Вот что по этому поводу писали известные русские ученые-естествоиспытатели: «Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для ее построения» (В. И. Вернадский); «...с полным устранением гипотезы, то есть направляющей мысли, наука превратилась бы в нагромождение голых фактов» (К. А. Тимирязев).

- Во многих случаях гипотеза должна рассматриваться *как форма развития знаний*, даже как форма, благодаря которой завершаются исследования, подводятся итоги познания (какого-либо этапа). «Как ни сомнительны гипотезы, но если они дают возможность объединить известные явления и предсказывают новые, то они полезны» (К.Э. Циолковский). В этом состоит прогностическое значение гипотез для разработки теории. Примером из квантовой физики могут служить работы Н. Бора по совершенствованию «планетарной модели атома» Э. Резерфорда; В. Паули по решению проблемы распределения электронов (принцип Паули), а также разгадка Э. Ферми явления бета-распада.

К. Поппер считал, что в познании важно предпочесть ту гипотезу, которая вносит четкость и определенность, объединяет в единую картину ранее не связанные фрагменты: «новая теория должна исходить из простой, новой, плодотворной и объединяющей идеи». Например, теория тяготения Ньютона объединила в один класс и объяснила такие разные явления, как полет пушечных ядер, морские приливы, движение планет и т.п.

На схеме (рис. 1.4.1.) представлена сущность гипотезы как знания.



Рис. 1.4.1. Сущность гипотезы как знания

По содержанию знания гипотезы могут носить разный характер: служить для первоначальной систематизации фактов; использоваться для более глубокого объяснения фактов, и только со временем, после подтверждения их практикой, становиться научно достоверными теориями; предполагать наличие ещё неизвестных фактов или явлений, которые невозможно объяснить в рамках данной теории (гипотеза *ad hoc*).

Примером последней будет предположение французского астронома У. Лаверьё о существовании неизвестной планеты (Нептун) для объяснения наблюдаемых отклонений от расчетной орбиты движения при исследовании возмущений Урана. Позже гипотеза была подтверждена немецким астрономом И.Г. Галле.

Следующая функция гипотезы.

- Гипотеза служит *инструментом управления познанием*. Будучи вероятным знанием, гипотеза может оказаться неприменимой для перехода в теорию. «В физике, например, теории всегда гипотетичны; мы принимаем теорию, коль скоро на её основе можно делать полезные предсказания, и видоизменяем или отвергаем её, коль скоро сделать это нельзя» (Х.Б. Карри).

Поэтому процесс развития гипотезы (развертывание гипотезы) связан с ее проверкой (выдвижение, подтверждение или опровержение). Если гипотезу доказывают, тогда она объясняет все факты, относительно которых выдвинута и становится научной теорией, затем устанавливается область ее применимости. Если обнаруживается расхождение гипотезы и фактов, то она уточняется; или опровергается, переходя в разряд ложных утверждений, и

заменяется новым предположительным объяснением, которое учитывает как старые, так и новые факты, не укладывающиеся в рамки прежнего объяснения.

На схеме (рис. 1.4.2.) показана логика её развертывания.

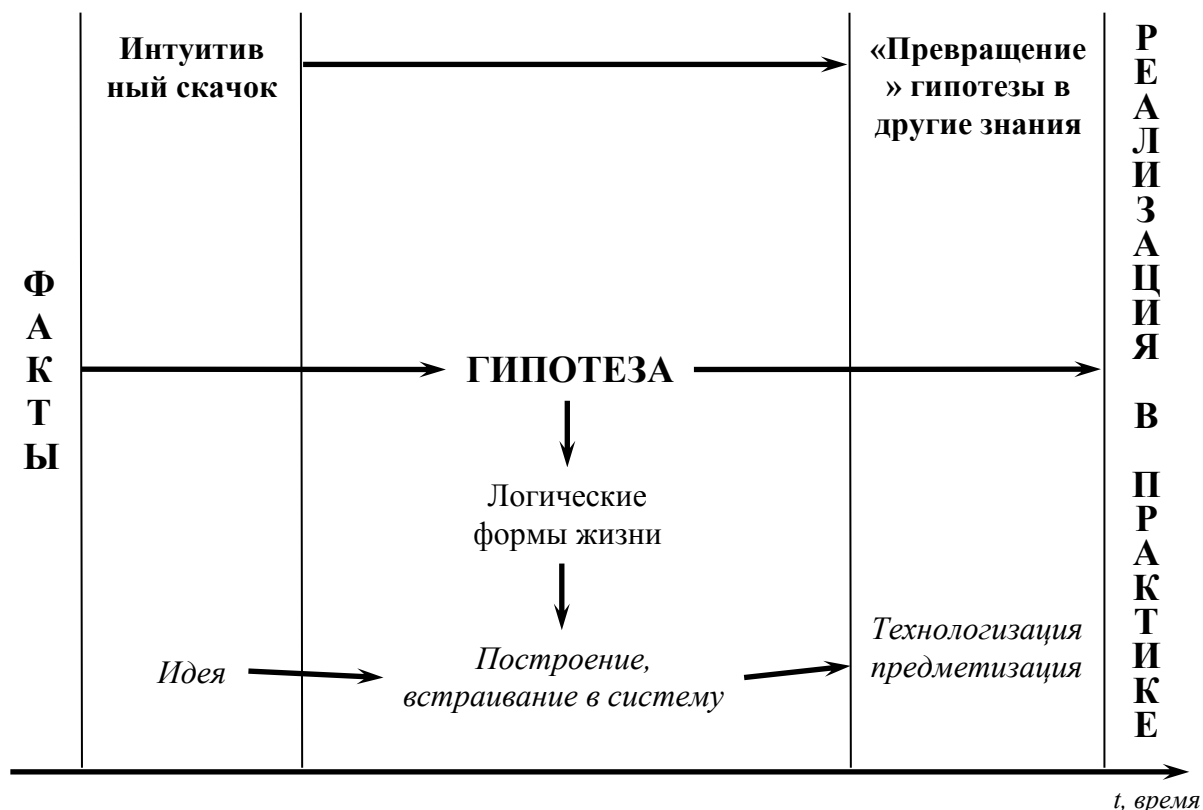


Рис. 1.4.2. Логика развертывания гипотезы

Вот как по-своему своеобразно оценивал результат построения гипотезы Э. Ферми: «Есть два возможных результата: если результат подтверждает гипотезу, то вы сделали измерение. Если результат противоречит гипотезе, значит, вы сделали открытие».

Научная гипотеза характеризуется рядом **признаков**: имеет разно содержательный характер; связана с фактами (понятиями, представлениями) и несет в себе идею нового взгляда, метода, интерпретации; как знание всегда вероятностна (потенциальна, гипотетична); выступает регулятором познанием (или его итогом); всегда формулируется для идеализированного объекта или идеальной ситуации; имеет границы применимости, т.е. предметна; не всегда нуждается в эмпирической проверке, но всегда в практике использования.

Подчеркнем, чтобы считаться научной, *гипотеза должна соответствовать* определенным научно-методологическим и логико-методологическим *требованиям* (критериям). Она должна объяснять охватываемые этой гипотезой факты в соответствии с научным методом; быть приложимой к максимально широкому спектру явлений (информативность); быть проверяемой и подтверждаемой в принципе (возможно только со временем); содержательно согласовываться с некоторой совокупностью принципов, допущений, взаимосвязей, норм; быть в достаточной мере

самостоятельным высказыванием, независимым от уже имеющихся исходных теоретических положений. Научная гипотеза не должна логически противоречить фундаментальным законам и теоретическим положениям науки, ранее установленным фактам, для объяснения которых она не предназначена; не быть самопротиворечивым утверждением, т.е. логические следствия не должны противоречить ни исходной гипотезе, ни друг другу.

Содержательно *научные гипотезы классифицируются* по следующим основаниям: по видам деятельности (в мышлении, коммуникации, рефлексии...); по этапам познания (проблематизация, разработка метода, получение результатов, их интерпретация и др.); по степени обобщения (общая, частная, единичная); по роли в познавательном процессе (рабочие, предсказательные, описательные, объяснительные, абстрактные и конкретные); по форме задания (количественные и качественные: текстовая, знаковая, образная); по форме проявления (явная, скрытая).

§ 1.5. Научная модель

Все наше мировоззрение, от наиболее обыденного до наиболее возвышенного содержания, представляет собою собрание моделей, образующих более или менее удачный отклик существующего, соответствующих или не соответствующих тем вещам, которые имелись в виду при их построении.

Николай Умов

Познание объектов и явлений материального мира носит модельный характер и может описываться с помощью разнообразных языковых средств разными моделями.

Высказанная в свое время мысль лорда Кельвина о том, что понять явление – значит построить его механическую модель – оказалась и обобщением многовекового опыта научных поисков (теоретических исследований И. Ньютона Ж. Бертрана, Дж. Максвелла и др.), и методологическим нововведением. С этого периода (XIX век) началось гносеологическое осмысление метода моделирования (сначала исключительно в рамках механистического мировоззрения) и применение его в сфере науки.

Модель и моделирование. Роль моделей в познании и преобразовании окружающего мира отчетливо и безоговорочно осознана в науке настоящего времени. Их уже нельзя рассматривать как материал, имеющий второстепенное значение. О моделях много написано (М. Бунге, В.А. Штофф, В.Б. Губин и др.). Модели заняли прочное и равноправное место в системах научных знаний как «одна из важных форм научной практики», «как средство экспериментального исследования» (В.А. Штофф), более того – в целом в жизни людей.

Многочисленные разработки в области моделирования сформировали устойчивую тенденцию считать метод моделирования одним из универсальных методов научного познания, который применим как на эмпирическом, так и на теоретическом уровне исследования (рис. 1.5.1.). Основным смыслом моделирования заключается в том, чтобы по результатам опытов с моделями можно было дать необходимые ответы «о характере эффектов и о различных величинах, связанных с явлением в натуральных условиях» (Л.И. Седов).



Рис. 1.5.1. Роль модели в познании

Основная роль модели как инструмента познания в следующем. Модель рассматривается как некоторая вспомогательная, искусственная или естественная, система (прообраз реального объекта), способная (с учетом подобия и аналогии) заместить исследуемый объект на определенных этапах познания, если непосредственное его изучение затруднено. Затем дать нужную информацию о моделируемом объекте, и, следовательно, облегчить понимание реальности, получить искомое знание.

Человек не может охватить познание природы целиком, полностью или отразить движение, не прервав его непрерывности, отсюда абстрагирование и построение моделей. Возьмем, например, «точку» – идеализированный объект, который имеет структуру, сходную с оригиналом, но отличается от него условиями идеализации (степенью абстракции).

Метод моделирования, если его рассматривать как способ отражения действительности, в силу своего характера дает упрощенное, а значит неполное, неточное знание об объекте изучения. Русский физик А.Г. Столетов выделял, что модель «не имеет претензии совпадать – хотя бы приблизительно

– с тем, что она изображает», так как модель всегда «только условное изображение», служащее для исследования. Но, например, эмпирическая модель научного открытия, построенная Ф. Бэконом, и рационально-дедуктивная модель Г. Лейбница оказались одинаково несостоятельными из-за слишком упрощенного понимания процесса научного исследования.

Все же, упрощение в процессе моделирования не стоит понимать как неизбежное искажение характеристик материального прототипа, ведущее к недостоверности модели. Обычно, если эффект использования модели мал или его нет, то модель заменяется или достраивается. Это обычная познавательная процедура, как промежуточное звено в процессе познания, и замены её пока нет. Например, когда физики начали изучать испускание и поглощение света атомами, то после экспериментов пришлось отказаться от первоначальной модели Дж. Дж. Томсона и принять модель Э. Резерфорда. И эту модель пришлось модифицировать из-за противоречия между моделью и реальным опытом. В дальнейшем новая модель Н. Бора также подверглась пересмотру и уточнению. При этом некоторые соображения, воплощенные в отвергнутых моделях были верными, и соответствующие модельные представления были использованы в подходящих случаях: например, модельные представления о связи вращательного движения с магнитным полем.

В науке часто случается, что вчерашняя теория, казалось бы, отражающая реальность, уходит в небытие, вместо неё строится модель на основе новых концепций, которая со временем подтверждаясь теоретическими доказательствами и экспериментами, становится знанием об окружающей нас действительности.

Модель имеет много определений, приведем наиболее емкие, с нашей точки зрения.

- «Модель – искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т.п., который, будучи аналогичен (подобен, сходен) исследуемому объекту <...>, отображает и воспроизводит в более простом, уменьшенном виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами исследуемого объекта...» (Н.И. Кондаков).

- Модель – это система, «исследование которой служит средством для получения информации о другой системе» (А.И. Уемов).

- «Модель – вспомогательный объект, выбранный или преобразованный в познавательных целях, дающем новую информацию об основном объекте» (А.М. Новиков).

- Под моделью понимается такая «мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отражая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» (В.А. Штофф).

- «Модель является гносеологическим образом в силу того, что всегда при ее мысленном, а также и материальном построении, ее следует

рассматривать как систему, гносеологически вторичную по сравнению с объектом познания (исследования, изучения)» (В.А. Штофф).

С философской точки зрения в понятие модели вкладывается широкий смысл. Моделирование интерпретируется как специфический способ отражения: «...своеобразная форма отражения, либо средство отражения» внешнего мира, действительности (объектов, явлений, процессов или ситуаций) в сознании людей» (В.А. Штофф). «Даже в тех случаях, когда кажется, что объект чисто объективно существует сам по себе, он в действительности в том виде, каким представляется, существует только в отражении, как модель, и обязательно несет на себе отпечаток деятельности субъекта по его выделению из среды» (В.Б. Губин). Такие трактовки составляют методологическую основу моделирования и объясняют ключевые процессы моделирования: соотношение результатов познания с реальностью и формирование образов в сознании человека. В.А. Штофф всегда подчеркивал, что модель соединяет в научном познании чувственное и логическое, конкретное и абстрактное, наглядное и не наглядное.

- Как с фактической, так и с теоретической стороны) модель является «не только средством, но и формой знания, самим знанием» (В.А. Штофф). Убедительным доказательством является, например, научная модель атома Э. Резерфорда или модель эфира Дж. Максвелла и т.п.

В философском понимании модель не всегда должна соответствовать качеству наглядности, то есть быть связана с особенностями чувственных образов (пример квантовой физики). Проблема наглядности возникает только в связи с познанием, отражением в сознании этой действительности, следовательно, не как онтологическая, а как гносеологическая проблема.

Модели в обучении. Следует со всей ясностью определить, что в рамках востребованной сейчас деятельностной парадигмы в образовании все модели – это модели деятельности. Получается, что модель, во-первых, необходимый элемент (этап) познания, во-вторых, инструментальное средство познания. С ним и с помощью его можно работать. И это принципиально, и продуктивно для деятельностного подхода, но главное это продуктивно для практики обучения.

Однако пока моделирование используется явно недостаточно и не эффективно. Отсюда не формируется стиль научного мышления работать с моделями. И это центральная проблема введения моделей. Освоение моделей и процесса моделирования происходит неравномерно, в частности слабо развита техника построения и использования моделей в процессах обучения физике, особенно – методических моделей.

Стратегически значимой, но трудной в обучении моделированию является важная идея жесткого *различения реальности и описаний*, которая в обучении пока слабо осознана и методически обеспечена. Идея расценивается как принципиально важная потому, что на определенном этапе познавательной интеллектуальной деятельности (онтологизация) часть описаний начинает восприниматься как реальность – «овеществление» (Г.П. Щедровицкий). Так могут создаваться модели, затемняющие и искажающие реальность. Например, в

образовании, в частности в обучении физике, существует довольно болезненная проблема возможно быстрого определения адекватности модели, определения границ ее применимости.

Обычно препятствующую роль в более широком использовании моделей играют ненаучные аргументы (личный интерес, консерватизм и др.).

Виды моделей. Модели в наше время широко применяются в изучении как макро-, так и микрообъектов, в проведении различных исследований процессов, явлений, часто не имеющих никаких точек соприкосновения.

Классификация моделей, как их некая первичная характеристика, возможна по нескольким, достаточно разнообразным основаниям: рассматриваемым объектам или системам (искусственные, естественные, смешанные); области применения (научные, технические, социологические, учебные и др.); содержанию (универсальные и специализированные, фундаментальные и прикладные); цели использования (средства познания, образ действительности, понимание известного, конструирование нового); учету фактора времени (статические, динамические); способу задания – компьютерные (компьютерные программы) и некомпьютерные (бумажные, звуковые носители); форме представления – идеальные и материальные, информационные-знаковые (геометрические), буквенные, формульные, структурные (схемы, графики, таблицы), вербальные (логически-мысленные), словесные.

Так классическим образцом мысленного моделирования можно считать использование основоположником классической физики Г. Галилеем мысленных моделей в виде основных логических и методологических приемов, что привело его к идее инерциального движения тела. Идеальные модели: «инерциальная система» Галилея и Ньютона (модель тела, движущегося абсолютно прямолинейно и равномерно), стянутые к точке круговые линии магнитного поля и стянутые к точке круговые линии электрического поля (представления, ведущие к уравнениям Максвелла).

Примером вербальной модели являются «гелиоцентрическая модель мира» Н. Коперника, сформулированная им в семи принципах; идея идеального моделирования (мысленного эксперимента к воображаемому телу свободному от всех внешних воздействий).

Описание и исследование законов механики Ньютона осуществляется посредством модели, сформулированной на языке математики средствами математических формул.

Выделим наиболее важные **функции моделей** в науке.

- Эвристическая функция. Способность модели стимулировать творческий процесс познания, рождение новых научных идей, причем модель может быть весьма приближенной. Например, «модель Друде», предложенная в XIX веке физиком П. Друде для изучения проводимости металлов, предназначалась для согласования электродинамики с классической термодинамикой. Она изображала совокупность электронов в проводнике как «идеальный газ», подчиняющийся законам термодинамики. Некоторые явления были успешно объяснены с ее помощью. Эта модель стимулировала новые

поиски ее расхождениями с экспериментальными данными, что в результате упорной работы ученых привело к пересмотру ее исходных положений и соединению электронной теории металлов с квантовой механикой.

- Интерпретационная функция. Модель может обеспечивать предварительное объяснение предполагаемого результата, либо становиться впоследствии полноценным теоретическим объяснением.

- Теоретическая, обобщающая функция. Модель в этом случае обретает самостоятельную теоретическую ценность.

Продуктивно построенная модель может выполняться на практике и в научной деятельности одновременно несколько функций.

Определение и использование моделей всегда обязательно связано с понятиями. Г.П. Щедровицкий писал: «В науке точность понятий достигается за счет того, что все они определяются в первую очередь через модели».

Модель тесно связана с другими формами (методами) познания, а также с теорией и гипотезой.

§ 1.6. Измерение как инструмент познания

Наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука немислима без меры.

Дмитрий Менделеев

Спектр определений и значений. В широком смысле измерение обычно рассматривается как *количественный метод исследования*, дополняющий качественные методы познания природных объектов. По результатам измерения определённые объекты получают точные характеристики-параметры некоторых состояний или по тем или иным свойствам (по ряду свойств). Луи де Бройль писал о том, что эксперимент должен быть точным, но для того, «чтобы быть действительно плодотворным, он должен выражать свои конечные результаты в количественной форме, то есть численно».

Фактически общепринято считать *измерение методом познавательной деятельности*. То есть рассматривать не как чисто эмпирический прием, а как познавательный процесс, важной частью которого является действие, а результат измерений – итог определенных абстрактных действий.

Иногда в сложных случаях измерение может выступать *как элемент эксперимента*, но, не отождествляясь с экспериментальной процедурой (Г.И. Рузавин). Хотя, например, В.А. Штофф, связывал наблюдение именно с экспериментом, рассматривая измерение как экспериментальную процедуру).

Измерение, является неотъемлемым *компонентом научного познания*. Как следует из следующих высказываний, его смысл всегда высоко оценивался в физике.

- «В физике существует только то, что можно измерить» (М. Планк).

- «Каждая вещь известна лишь в той степени, в какой её можно измерить» (У. Томсон, лорд Кельвин).

- «Я часто говорю, что когда вы можете измерить то, о чем вы говорите и можете выразить это в числах, то вы кое-что знаете об этом; но когда вы не можете измерить это, не можете выразить это в числах, то ваши знания будут жалкого и неудовлетворительного рода; это может представлять собой начало знания, но в ваших мыслях вы едва придвинулись к тому, что заслуживает название науки, каков бы ни был предмет исследования» (лорд Кельвин).

- «Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является» (Г. Галилей).

- «Если вы хотите познать секреты вселенной – мыслите единицами измерения энергии, частоты и вибрации» (Н. Тесла).

- Выдающийся русский физик Б.С. Якоби еще в середине XIX века выразил роль и значение измерений следующими словами: «Искусство измерения является могучим оружием, созданным человеческим разумом для проникновения в законы природы и подчинения ее сил нашему господству».

Особенности процедуры измерения. С каждым новым этапом своего развития физическая наука постоянно совершенствует средства и способы измерения, методы расчёта, измерительную аппаратуру, эталоны. Благодаря этому становится возможным расширить сферы измерения, изучить ранее не исследованные типы процессов, открыть новые физические законы. В свою очередь, познание законов природы всегда приводит к совершенствованию всех аспектов измерения.

Деятельность измерения как исследовательская процедура включает в себя: объект измерения (наличие свойств этого объекта, которые поддаются восприятию и измерению); измеряющую единицу; наблюдателя; средства измерения и измерительные устройства (инструменты, приборы и др.); метод измерения (методы непосредственной оценки и методы сравнения); величины как результат измерения (наименование числа); средства обработки получаемых данных.

Виды измерений. Различают *прямые и косвенные* виды измерений. В научной практике косвенные и прямые измерения взаимодействуют между собой, уточняя, и проверяя друг друга.

К косвенным измерениям относятся измерения объектов, которые удалены от нас или непосредственно не воспринимаются. Измерения строятся на основе эмпирически найденной или теоретически выведенной математической зависимости, не прибегая к сравнению с эталоном. В качестве наглядных примеров можно привести измерение расстояния до космических объектов, определение концентрации металла в сплаве при спектральном анализе и т.п.

К прямым относятся измерения, с помощью которых определяют характеристики объекта (явления) непосредственно путем сопоставления с неким эталоном, стандартом или путем сравнения единиц измерения

измеряемой величины с другой величиной. Сравнение происходит по каким-либо сходным свойствам, характеристикам, признакам, выражая их отношение через отношение чисел. Чаще всего такой эталон является результатом длительного исторического развития общественной практики и совершенствования методики самого научного исследования (например, совершенствование эталона длины от локтя до платинового метра).

Средства измерения. Поскольку метод измерений, как прием или совокупность приемов сравнения, обычно обусловлен тем или иным типом средств измерений и их устройством, то очевидно, что разработка и изготовление средств измерения основаны на предшествующем эмпирическом и теоретическом базисе и показывают соотнесенность средств измерения с определенной теорией. Термометр построен по принципам термодинамики, микроскоп – по законам оптики, вольтметр – по известным принципам взаимодействия электрического и магнитного полей. Определение силы тяжести происходит при измерении массы взвешиванием, применение эффекта Доплера используется для измерения скорости.

Системы единиц измерения. Использование специфического *языка* в процедуре измерения логически подразумевает присвоение связанных с ним, символов в соответствии с эталоном, например, метки или цифры (измерительная шкала). При этом метки в виде чисел не всегда несут в себе очевидную «числовую» информацию. Измерительные шкалы, как всякая модель, должны соответствовать основному свойству: точно и корректно отражать изучаемые характеристики объекта или явления.

Понятийный аспект физических величин и единицы их измерения с течением времени изменяются (смена систем СГС, СИ, МКС и др.). Например, замена первоначальной единицы измерения радиоактивности – кюри, связанной с именем Кюри, на беккерель в системе СИ.

Введение ряда новых величин происходило с развитием теории электричества, магнетизма, атомной и ядерной физики.

Суть введения величин в физике для характеристики свойств объектов и процессов. Свойства объектов и явлений проявляются при взаимодействии объектов. Невозможно в принципе даже просто перечислить полностью все взаимодействия, в которых принимает участие тот или иной объект. Поэтому, когда мы выделяем то или иное важное для нас взаимодействие, мы тем самым производим моделирование рассматриваемой ситуации. После этого необходимо построить теоретическую модель выделенного взаимодействия и ввести эталон свойства, проявляющегося в нем. Для этого выбирается некоторое тело, обладающее таким же свойством, и ему приписывается единичное значение. На основе модели взаимодействия определяется способ сравнения интенсивности проявления выбранного свойства со свойством эталона, а также конструкция соответствующего измерительного прибора. Заменяют один из взаимодействующих объектов прибором, который позволяет сравнивать свойства объекта со свойством эталона. Таким образом, мы можем получить конкретное числовое значение физической величины, и предварительно саму величину для теории (то есть модели явления).

Описанный выше способ введения в физику количественных величин можно отразить в виде схемы (рис. 1.6.1.).

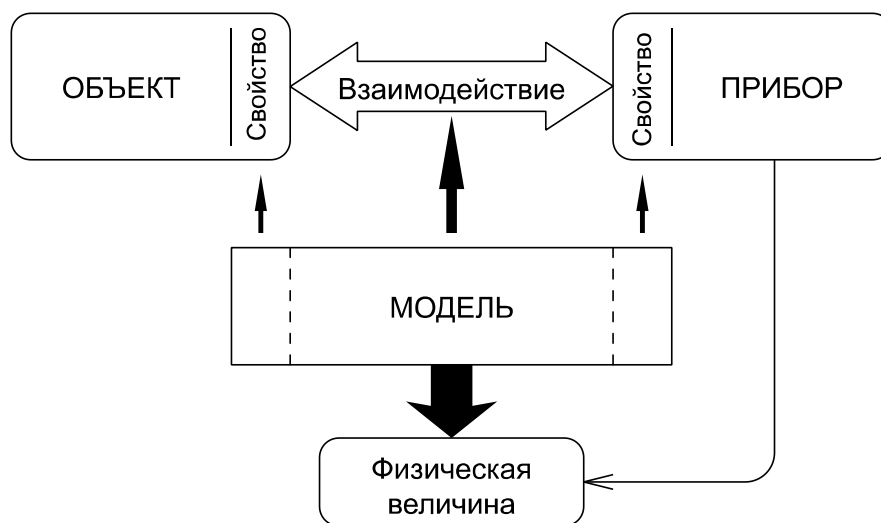


Рис. 1.6.1. Введение физических величин в науку.

Критерии измерения как *методологическая* основа измерений.

- **Объективность.** Является важной частью, обеспечивающей познавательный процесс при измерении. Физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике М. Борн видел объективный характер измерений в том, что их результаты, получаемые величины «являются коммуникабельными и контролируемыми, а, следовательно, объективными». Следовательно, введение в картину мира измеряющих средств не привносит субъективного элемента в картину мира, так как теории, на основе которых они построены, научны и признаны объективными.

- **Точность.** Значение получаемой величины должно быть достаточно точным, таким, что для данной цели его можно использовать вместо истинного значения. Размышления Анри Луи Ле Шателье продолжают оставаться актуальными до сих пор: «Выучиться правильно измерять – одно из наиболее важных, но и наиболее трудно осуществимых этапов науки. Достаточно одного ложного измерения для того, чтобы помешать открытию закона и, что еще хуже, привести к установлению несуществующего закона...». История науки знает немало подтверждений его словам.

Степень точности обусловлена множеством факторов. Известный пример в истории физики, связанный с одним из факторов – техническими возможностями измерительных приборов – знаменитый «эксперимент Майкельсона» (многолетняя серия экспериментов, проведенных А. Майкельсоном и его последователями, по измерению скорости «эфирного ветра», в ходе которого совершенствовалась измерительная техника). А для физики микромира, повышение точности измерения физической величины может быть ограничено объективно (принцип неопределенности В. Гейзенберга).

Измерение, проведенное с требуемой точностью, нередко служит источником научного знания. Как писал лорд Кельвин: «В физике больше нельзя открыть ничего нового. Дальше просто будет расти точность измерений».

Поскольку сутью измерения в физике является получение формальной модели, исследование которой могло бы, в определённом смысле, заменить исследование характеристик и свойств самого объекта или явления, то, как всякая модель, измерение приводит к потере части информации, а значит к её искажению (иногда значительному), и, следовательно, к ошибкам измерения. Часто сами по себе разного плана погрешности становятся предметом исследования ради достижения точности измерения. Практически никогда измерение не может быть выполнено в совершенной мере, но лишь с некоторой (достаточной) степенью точности.

- *Проверяемость*, и всегда *определенность* (в рамках определенных погрешностей), – требования к любому измерению независимо от конкретных ситуаций, места, времени.

- Измерение не должно зависеть от *субъективных оценок* наблюдателя (субъекта). Большую роль в процессе измерения играет теоретическая интерпретация полученных данных, с помощью которой совершенствуются и методы измерения, и измерительные средства, и, конечно, мировоззренческие аспекты измерения в целом.

Примером сложности теоретико-интерпретационной работы с возрастающей точностью при измерениях является серия опытов по измерению заряда электрона, проведенных Р. Милликеном.

Онтология измерений. Рассматривая методологию физических измерений, нужно отметить, что последние в современной науке осознаются иначе, чем в классической физике. Отличие классической онтологии физических измерений от современных представлений можно выразить в виде схемы (рис. 1.6.2.).

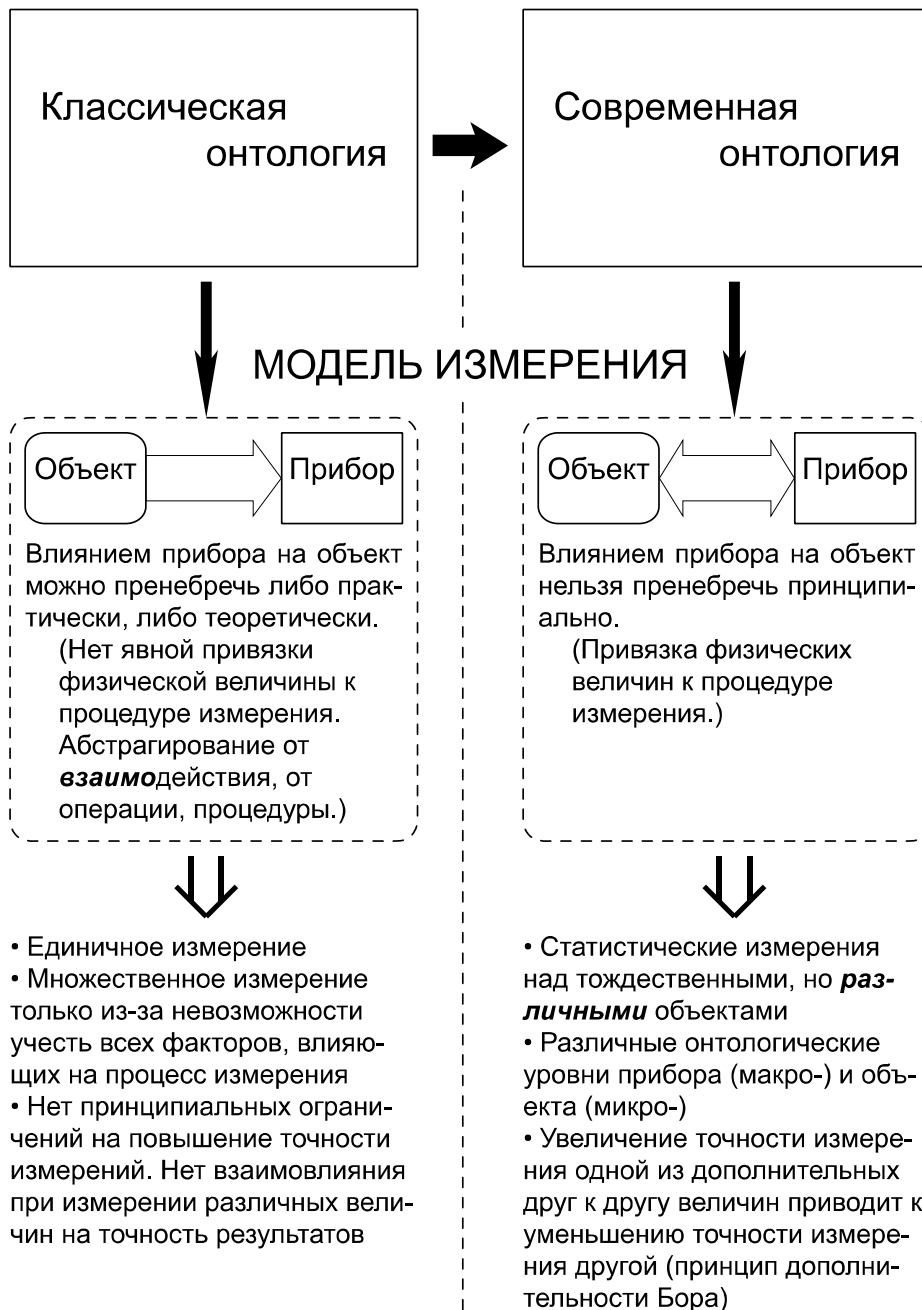


Рис. 1.6.2. Онтология физических измерений

Современная онтология измерений развивалась под значительным влиянием квантовой механики. Хотя это и сложно, но сейчас в обучении необходимо рассматривать именно современную модель измерения (взаимодействие прибора и объекта, модельный характер любого описания) даже применительно к ситуациям, находящимся в компетенции классической физики. Если взаимодействие при измерении рассматривать как процесс, то нужно выделить следующие его важные стороны.

- **Продолжительность.** Требуется некоторое время, вследствие инертности прибора. Слишком большим время взаимодействия быть не должно, так как физическая величина, как правило, не является постоянной.

- **Интенсивность.** Если интенсивность измерительного взаимодействия велика, то может выйти из строя прибор либо объект значительно изменяет свое состояние. Если интенсивность недостаточна – прибор показывает нулевое значение.

- **Конечная скорость передачи.** Занимает особое место в теории относительности. Благодаря данному факту обнаруживаются эффекты сокращения длины движущегося тела и замедления процессов в нем.

- **Квантовый характер.** Играет определяющую роль при изучении микрочастиц, приводит к ограничениям, выраженным принципом неопределенности Гейзенберга. В широком смысле квантовый характер выражается в том, что изучаемое свойство, как правило, непрерывно, но при измерении получают всегда конечный числовой результат.

В целом можно построить следующую **картину измерений** (рис. 1.6.3.).



Рис. 1.6.3. Картина измерений

Здесь надо понимать, что современная методология измерений в науке формируется под влиянием современной физики и в свою очередь оказывает влияние на физическую картину мира, однако в самой физике методологические положения измерений не всегда выделяются и осознаются явно. Кстати, вероятно, именно этот факт оказывает большое отрицательное влияние на учебные физические измерения.

Измерение в обучении. Рассмотрим некоторые аспекты измерений на примере *методики обучения физике*.

В школьной физике необходимо явное рассмотрение физической и методологической стороны физических измерений. При этом нет нужды более подробного изучения всех процедур обработки результатов измерений, сложных и строгих научных методов расчета погрешностей, ибо это приводит к потере смысла самой процедуры измерений при изучении и исследовании явления.

Для системного освоения и более глубокого понимания сути и содержания физических измерений важно выделить (в целом и для конкретного случая) наиболее значимые знания и умения: определение цели физического измерения; осознание связи физического измерения с физическим экспериментом; овладение принципом моделирования измерительного процесса; подбор приборов и методов измерения; составление плана измерений, количественная и качественная теоретическая интерпретация (анализ) результатов измерения; изготовление и использование шкал измерительного прибора; оценка погрешности результатов физического измерения.

§ 1.7. Понятия как необходимый элемент научного познания

История физики не есть только ряд последовательных экспериментальных открытий и наблюдений, к которым присоединяется их математическое описание, она есть также история понятий. Первой предпосылкой понимания феноменов является введение подходящих понятий, только с помощью правильных понятий можем мы на самом деле знать, что мы наблюдаем.

Вернер Гейзенберг

Содержательная сторона понятия. Понятие – одно из ключевых основ научного знания и всегда представляло интерес для познания.

Рассмотрение начнем с сопоставления «понятия» с термином и определением, и будем опираться на следующую наиболее распространенную в философии точку зрения.

Понятие является максимально абстрактным представлением о чём-либо. Его основная логическая функция – обобщение, т.е. отражение того общего, постоянного и устойчивого, что скрыто в многообразии и бесконечной переменчивости явлений. В содержание понятия закладывается то, что мы стремимся максимально правильно описать, осмыслить, исследовать. Все это в совокупности создает *определение* – описание понятия, его разъяснение. Определений одного понятия может быть несколько. *Термин* в идеале имеет одно строго определённое значение, максимально точно отражающее научное понятие. Термин называет понятие, но каждый термин делает это по-разному, с разной степенью полноты и точности. Не все понятия могут быть терминологически обозначены. Значение термина не способно охватить всей полноты понятия. Поэтому термин также нуждается в определении – описании, объяснении. Таким образом, понятие обобщает, а термин конкретизирует, разграничивает. Категория «понятие» относится к познанию, термин – к классификации.

Остановимся на том, как оценивали «понятие» классики науки:

- Н. Бор: «Мы должны признать, что ни один опытный факт не может быть сформулирован помимо некоторой системы понятий».

- И. Кант: «Понятие <...> есть общее представление или представление того, что общее многим объектам, следовательно – представление, имеющее возможность содержаться в различных объектах».

- Г. Гегель считал понятие «синонимом действительного понимания существа дела», что в нем должна «раскрывается подлинная природа вещи, а не «одинаковость объектов созерцания»; в понятии должна находить своё выражение «не только абстрактная общность» (это лишь один момент понятия), но и «особенность его объекта».

- Н. Лобачевский: «Первые понятия, с которых начинается какая-нибудь наука, должны быть ясны и приведены к самому меньшему числу. Тогда только они могут служить прочным и достаточным основанием учения».

В общем виде понятие рассматривается как форма (элемент) *мышления* (вид мысли, мысленное образование). Как совокупность основных и отличительных признаков (существенных, устойчивых, достаточных и необходимых) мыслимых в понятии предмета, выделенных и обобщенных из соответствующего ряда предметов, их свойств, связей с явлениями окружающего мира, а также знаний о том, в каких конкретных формах существуют в действительности эти обобщаемые в понятии предметы. Чем полнее объем выражаемого понятия, тем ограниченнее его содержание, и наоборот.

Одно из основных требований *в обучении* к формированию понятий, где за понятиями стоит мышление – не оставлять их в изоляции, а устанавливать между ними связи и отношения, формировать целостное восприятие систем научных понятий с правильной интерпретацией.

Существует **проблема онтологического статуса понятий** и признаков, характеризующих понятие. Понятие – это не реальный объект, не наглядный образ, а определенное понимание того или иного положения вещей. В какой степени физические понятия являются выражением сущности изучаемых объектов и процессов? В современных представлениях вопрос об определении содержательной стороны «понятия» (особенно научного понятия), является открытым до сих пор.

В свое время Ф. Энгельс писал, что понятия суть «сокращения, в которых мы охватываем, сообразно их общим свойствам, множество различных чувственно воспринимаемых вещей».

Свойства мира неисчерпаемы, и любой предмет может выступать как обладающий бесконечным множеством признаков. Однако, само по себе существование предмета в мире еще не порождает признаков. Познание прямо или косвенно связано с деятельностью человека, поэтому проявляет определенную избирательность в фиксации признаков. Признаки предметов связаны с познающим субъектом, который выделяет существенные и необходимые признаки для включения в содержание понятия. Признаки, о которых данный субъект не подозревает, могут быть потенциально открыты другим субъектом. Понятие имеет тем большую познавательную значимость, чем более существенны выделенные признаки (составляющие содержание), по которым обобщается предмет (или предметы).

Очень точное понимание проблемы находим у российского философа, специалиста в области теории познания В.С. Степина: «Мы видим реальность через систему понятий и поэтому часто отождествляем понятия с реальностью, абсолютизируем их», однако понятия науки «должны описывать реальность, существующую независимо от нас».

Понятия в системе знаний, их смысл и основные логические функции. В принципе в мире (и в мире физики) все есть понятие.

- Понятия как мысленные идеальные образования возникают, функционируют, развиваются. Понятие всегда определено (имеет определение) и с ним можно работать. Поэтому понятия являются одним из эффективных *познавательных инструментов*.

- Философско-гносеологическая ценность понятия проявляется в его способности *фиксировать определенный результат познания*, абстрагировать или *суммировать* наши знания о каком-либо предмете.

- С точки зрения методологии в качестве основной функции понятия выделяется способность выступать в качестве *способа приобретения знания*, в дальнейшем служить *источником приобретения нового знания*.

- Для нас весьма важен общий вывод: все понятия, так или иначе, *определяют деятельность и определяются через деятельность*. Например, в построении модели электромагнитной индукции признаки объекта исследования, характеризующие понятие, отражались в понятии переносом знаний магнитостатики («магнитная силовая линия») в форме деятельности.

Функционирование (развертывание) понятия в системе знаний. Исходно, понятие – это не есть точное и безусловное знание. Развитие знаний

выражается в выработке, формировании понятий, в переходах от одних понятий к другим, фиксирующим более глубокую сущность предметов и, таким образом, представляющим более адекватное их отражение. В таких случаях логично говорить о развитии и углублении смыслового значения понятий (*их содержательности*).

На плане взаимодействия знаний и понятия, знание «погружается» в структуру понятия, наполняет его. Очевидно, что постоянный процесс обогащения, приращения системы знания или опровержение свойств, признаваемых недавно непреложными характеристиками какого-либо объекта – раскрывает внутреннюю природу понятий. Логика, объединяющая знания, выражается в понятийных отношениях. Например, на ранних стадиях становления теории электричества, физика формировала исходные понятия – «проводник», «изолятор», «электрический заряд» и т.д., и тем самым создавала условия для построения первых теоретических схем, объясняющих электрические явления. В процессе построения более полной физическим содержанием теоретической схемы электромагнитных взаимодействий, со временем формировался базис понятий максвелловской электродинамики. Переход к рассмотрению силовых линий в точке привел к появлению понятий: электрическая напряженность и магнитная индукция, к уточнению наиболее общих представлений о структуре электромагнитных взаимодействий, к закладке фундамента для последующей выработки основного понятия электродинамики – понятия электромагнитного поля.

Итак, понятия со временем трансформируются в системы знаний, с помощью понятий формулируются научные утверждения общего характера, научные (физические) законы.

Г.П. Щедровицкий весьма определенно писал о социальной роли «специального развития понятий», о значении «исследования»: «Работа по образованию понятий не может осуществляться в процессе практической деятельности <...> Никакая деятельность – производственная, практическая, жизненная – не приводит к изменению понятий и развитию людей <...> И тот, кто развивает и трансформирует понятия – та страна, тот народ, то государство, – тот выигрывает историческое соревнование».

Виды понятий. Понятия по содержанию принято делить (чаще всего) на следующие основные виды: общие (фундаментальные) и единичные, «нулевые» научные понятия (по объему); эмпирические и теоретические (по возможности наблюдения); положительные и отрицательные (наличие или отсутствие признака); собирательные и разделительные (по однородности признаков); конкретные и абстрактные (по принадлежности к предмету или только к его признакам); безотносительные и соотносительные (с другим предметом); сравнимые и несравнимые.

Остановимся подробнее на некоторых группах научных понятий, интересных с нашей точки зрения. В целом, научное понятие – это понятое и утвержденное наукой знание.

- *Фундаментальные научные* понятия являются сложным образованием, несущим понимание глубинной сути предмета. Их характерные

черты: соединение в содержании элементов философских категорий и понятий частных наук; возможность формализации и уточнения математическими средствами. Фундаментальные физические понятия: материя, энергия, пространство, время, масса, заряд, поле, движение и т.д. На них построен базис физики.

- *Абстрактные понятия.* Некоторые эмпирические этапы познания действительности далеки от вербального и, тем более, понятийного освоения мира. Например, для того чтобы понять закономерности теплового излучения, классическая термодинамика использовала понятие абсолютно черного тела, которое полностью поглощает падающее на него световое излучение. Также мы не можем наглядно (чувственно) представить себе скорость света, атомный вес и т.д. Понятие, обозначающее реальность – онтологическое понятие, имеющее колоссальное значение. Так в квантовой теории поля само понятие полей – абстрактных объектов, претендует на онтологический статус. Многие абстрактные понятия получили существенную теоретическую разработку и смогли в той или иной форме использоваться практически.

- *Новые понятия* могут быть осмысленны, поняты только через образы и понятия старого, известного. Если «мы намерены вступить в новую область явлений», то мы вынуждены использовать понятия «из истории науки». Несмотря на то, что эти понятия могут превратиться в «набор предрассудков, скорее тормозящих прогресс, чем способствующих ему», нельзя «преуспеть, отказавшись от понятий, переданных нам традицией» (В. Гейзенберг). Вводимые новые понятия нуждаются в осмыслении диапазона понимания знания по-новому и, следовательно, в расширении их смыслового поля и спектра действий по сравнению с традиционными. А уже использовавшим понятиям, которые порой не имеют аналога в действительности, но играют важную роль в самом процессе мышления и объяснения физических процессов и явлений, придать новые значения. В истории науки находим примеры таких понятий: «флогистон», «эфирный ветер» и др.

Как отмечал Н. Бор, «общая теория относительности выработала новые понятия, расширила с их помощью наш кругозор и придала нашей картине мира такое единство, которого ранее нельзя было и вообразить». Например, сила и энергия в механике Герца уже не являются основными понятиями, посредством которых описываются состояние и изменение состояния системы. После возникновения механики Галилея в процессе поисков обобщающей теории механических движений (завершившихся механикой Ньютона) пришлось вновь решать эту проблему в связи с обоснованием понятия мгновенной скорости.

- *Ряд понятий в виде принципов*, переходящих из одной теории в другую, из одной картины мира в другую, порой даже не изменяющих при этом своего содержания. Например, принцип сохранения энергии пронизывает все научные картины мира.

- *Категориальные понятия* имеют принципиальное значение. Это знание на уровне понятий. Категориальные понятия влияют (и определяют) на многие другие знания. Это понятия, не просто обозначающее реальность, а

связанные с методом (наблюдение, эксперимент и др.), с процедурой познания (объект, субъект, гипотеза, измерение и др.), относящиеся к средствам описания (факт, модель и др.). В таких случаях, чаще всего, «понятие есть синоним соответствующей совокупности операций» (П. Бриджмен). За ними и их системами стоит понятийное мышление.

Языковые формы понятия. Понятие в процессе познания действительности фиксируются в тех или иных языковых формах (знак, символ), которые и составляют смысл соответствующих выражений. Язык является не только выражением понятий, связью с теми или иными предметами, но и средством их образования.

Именно человек, выступая наблюдателем и носителем определенного опыта и знаний, формирует значения понятий, осуществляет выбор языковых средств интерпретации. Подчеркивая значение языковых форм Н. Бор в свое время с сожалением констатировал: «Мы работаем с неясными понятиями, оперируем логикой, пределы применения которой неизвестны, и при всем при том мы ещё хотим внести какую-то ясность в наше понимание природы».

Исторический аспект понятий. Стремительно развивающаяся природа понятий позволяет фиксировать разнообразные изменения внешнего мира. По мнению педагога М.В. Богуславского, значимая черта понятий в том, что в них аккумулируется научная и общественная практика людей, обобщается знание, накопленное за определенный исторический период. Например, «астрономия» уже с античности является достаточно оформившимся понятием, в то время как «сила тяготения» до И. Ньютона вряд ли могла быть отнесена к понятиям. Такого же мнения придерживается В.С. Степин, когда предлагает учитывать «историчность» понятий. Проследить, как функционируют понятия или структуры понятий «в том или ином историческом контексте, анализировать их «историческое изменение».

В историческом развитии понятия научность нельзя считать синонимом непреходящей истины. Опыт развития науки свидетельствует, что даже наиболее фундаментальные понятия и представления науки «никогда не могут быть окончательными» (А. Эйнштейн).

Более того, именно научные понятия подвергаются критике и переосмыслению. В.А. Лекторский по этому поводу отмечал, что на фундаментальные понятия науки «как правило, никто исторически не покушался, но ставилась цель определить их пределы и границы, выявить влияние социально-культурных факторов на содержание знания, на способы и результаты познавательной деятельности, при этом ценностные факторы, бывшие ранее только внешними измерениями знания, также стали рассматриваться в контексте внутренних методологических правил».

Система понятий в физической картине мира. Со всей определенностью можно сделать вывод, что поскольку система понятий создает модель фрагмента объективной действительности, необходимую в процессе познания и освоения мира, то, таким образом, подготавливает соответствующую научную базу *физической картины мира* своего времени.

Эйнштейн говорил о физической картине мира в разных смыслах, в том числе как «о минимуме первичных понятий и соотношений физики, которые обеспечивают ее единство». Всегда понятийная структура физической картины мира имеет значительную степень общности (непосредственную связь с категориями философии) по сравнению с конкретными научными понятиями. Все же на уровне понятий не всегда возможно чётко различить понятия картины мира от понятий теории, которые и характеризуют ФКМ.

§ 1.8. Метод познания

Во всех высших отраслях знания самая главная трудность состоит не в отыскании явлений, а в нахождении истинного метода, с помощью которого можно было бы установить законы явлений.

Генри Бокль

Содержание и роль метода познания. Метод познания как способ построения и обоснования системы философского и научного знания – ключевое понятие эпистемологии. Широта этого понятия делает его во многих случаях неопределенным.

Чаще всего содержательно метод трактуется как *совокупность подходов* для практического и теоретического освоения действительности (норм познания и действия), отвечающих предмету и задачам определенной науки. По Н.И. Кондакову, метод – это путь, способ исследования, обучения. Основная функция метода – внутренняя организация и регулирование познания или практического преобразования того или иного объекта (явления, процесса) с целью его дальнейшего познания. Активность, отчасти познавательная первичность метода, делают эту категорию весьма востребованной в современном познании.

Метод *связан с человеческой деятельностью*, поэтому соединяет в себе и объективное (движение материала), и субъективное (цель, волю и др.). Еще Г. Гегелем отмечено, что метод познания «поставлен как орудие, как некоторое стоящее на субъективной стороне средство, через которое <...> (метод) соотносится с объектом».

Об этом так писал академик П.В. Копнин: «Метод – способ достижения определенных результатов в познании и практике. Любой метод (будь то метод познания или промышленного производства) включает в себя познание объективных закономерностей, на основе которых возникают приемы или их системы для познания и практического действия. Познанные закономерности составляют объективную сторону метода, возникшие на их основе приемы исследования и преобразования явлений – субъективную. Сами по себе объективные закономерности не составляют метода, методом становятся

выработанные на их основе приемы, которые служат для дальнейшего познания и преобразования действительности, для достижения новых результатов».

В таком контексте метод – это действие, это процесс. Не случайно лучшим носителем метода были и есть научные школы.

Теория и метод. Метод тесно *связан с теорией*, они взаимосвязаны, едины в своем взаимодействии, в целом представляют отражение реальной действительности. Содержательность, глубина фундаментальность теории обуславливают эффективность разработки метода. Крупный британский философ и математик XX века А. Уайтхед писал, что любой метод задает «способ действий» с фактами, значимость которых определяется теорией. Определенная теория посредством разработки, формулирования принципов, приемов, норм и т.п. выступает необходимой предпосылкой, основой любого научного метода, «навязывает метод», который всегда конкретен, ибо применим только к теориям соответствующего вида.

В то же время, метод в современной науке нередко служит важнейшим *фактором роста теоретического знания*, его углубления и объективизации в практике. В свое время, рассуждая о методе, Р. Декарт подчеркивал, что лучше не «помышлять» о научных открытиях, «чем делать это без всякого метода».

Метод познания, как категория, может модифицироваться в зависимости от различных конкретных условий, цели исследования, характера решаемых задач, особенностей объекта той или иной сферы применения метода (физика микро- или макро- мира и др.), специфики изучаемых закономерностей, своеобразия явлений и процессов (материальные или идеализированные, объективные или субъективные) и пр., тем самым приобретая своеобразную форму функционирования.

Характеристики основных методов познания. Фактором, определяющим, каким методом воспользоваться в том или ином случае, служат знания методологии. Использование методов познания определяется также задачами и характером человеческой деятельности. Современная система методов познания науки разнообразна, как сама наука.

Методы познания подразделяются по степени общности и широте применения: *на всеобщие, философские* (диалектический и метафизический, герменевтический и др.); *общенаучные* методы (системный, вероятностный, моделирование и др.); *частно-научные* (в том числе дисциплинарные и междисциплинарные).

- *Всеобщие* методы задают лишь самые общие регуляторы исследования, определенный взгляд на сущность объекта или процесса и не определяют окончательный результат познания непосредственно.

Исторически известен *метафизический* метод. Он ориентирован на фиксацию объективной устойчивости, неизменности и изолированности друг от друга вещей. Его характерными чертами являются абстрактность, односторонность, абсолютизация тех или иных моментов, статичность описания в целостном процессе познания.

- *Общенаучные* методы получили широкое развитие и применение в современной науке. Они формулируются на основе общенаучных концепций и

обеспечивают связь и оптимальное взаимодействие категорий методологии со специально-научным знанием. Характерная черта основных общенаучных методов: возможность формализации и уточнения их содержания математическими средствами.

Общенаучным методам свойственны следующие признаки: общедоступность; отсутствие стихийности в применении; направленность (обеспечение достижения цели); способность достигать намеченные и менее значимые второстепенные результаты; надежность (высокая степень обеспечения желаемого результата и его достоверности); экономичность или способность давать результат с наименьшими затратами средств и времени.

- В последние десятилетия сохраняется значительный интерес к *системному методу познания* (представления, исследования) объектов и явлений мира.

Системный подход позволяет рассмотреть организацию познания комплексно. Понятия системного подхода: «система», «структура», «элемент», «функция», «целостность». При этом должны выполняться определенные условия: должен быть объект исследования как целостная система; определены его элементы, обозначена структура, а целостность – доказана; изучены его свойства; определено место среди других систем, в метасистеме.

Практически нет ни одного исследования, в котором бы не декларировалось использование системного метода (подхода, анализа). Процедуры каждого этого шага у разных авторов различаются, хотя общая логика остается. При рассмотрении системного подхода существенно, что «...системная проблематика и системное мышление <...> существуют там и только там, где сохраняется несколько разных предметов, и мы должны работать с этими разными предметами, двигаясь как бы над ними и под ними, добиваясь связного описания объекта при различии и множественности фиксирующих его предметов» (Г.П. Щедровицкий).

Прежде всего, системный метод – инструмент исследования, т.е. инструмент построения предмета. Г.П. Щедровицкий писал: «набор операций или процедур, применяемый нами к тому или иному объекту, делает этот объект системным». Далее: «Сложный объект представлен как система, если мы:

- во-первых, выделили его из окружения, либо совсем оборвав его связи, либо же сохранив их в форме свойств-функций;
- во-вторых, разделили на части (механически или соответственно его внутренней структуре) и получили таким образом совокупность частей;
- в-третьих, связали части воедино, превратив их в элементы;
- в-четвертых, организовали связи в единую структуру;
- в-пятых, вложили эту структуру на прежнее место, очертив, таким образом, систему как целое».

Такой операциональный подход как научный метод вне практической деятельности не продуктивен. В целом же практики системного подхода мало, как и её осмысления в теории, поскольку она требует определенных действий и определенных языков описания.

Постепенно в ходе системного подхода формируется онтологический образ объекта или явления, т.е. объект предстает по-новому, а иначе он уже не мыслится. Отсюда, принципиально важно, что это всегда лишь определенная точка зрения на мир, которая формируется методом.

Значение системного метода в том, что постепенно в результате многочисленного и успешного использования системного анализа сформировалось утверждение о системности объектов, о системности мира. Нередко даже говорят, что альтернативы системному подходу нет. Причина очевидна: это оказывается весьма удобный язык описания (логико-методологический). Например, описания сложных *процессов обучения*.

- Исторически известен **научный метод познания**, получивший признание благодаря идеям великих ученых Г. Галилея и А. Эйнштейна. Стремление А. Эйнштейна найти простую и ясную логическую схему функционирования научного предмета можно трактовать, как потребность внести в физическую картину мира в явном виде метод познания. Научный метод познания широко используется в физике и роль его трудно переоценить. В таблице 1.8.1. даны его основные черты.

Табл. 1.8.1. Составляющие научного метода познания

Научная составляющая познания	Методологическая составляющая познания
<ul style="list-style-type: none"> • объектом познания может быть любой выделенный в мире объект • мир природы, мир объектов (реальность) – первичен, мир знания, мышления и деятельности – вторичен • разделение объекта и предмета как реального и субъективного • научные факты воспроизводимы, обезличены, т.е. прямо в них не отражаются ценностные образования • рациональность (обоснованность) познавательных процедур 	<ul style="list-style-type: none"> • объект познания – всегда объект деятельности и мышления • мир мышления и деятельности – первичен, мир объектов, предметов – вторичен • разделение объекта и предмета исследования как форм знания • факты и предметы «строятся», «выделяются» в ходе деятельности, несут её отпечаток • объединение (синтез) разных познавательных процедур и традиций

Принципиальной чертой научного метода познания является экспериментальная проверка (исследование в эксперименте) физических знаний (в том числе границ их применимости). «Наблюдение, размышление и опыт (экспериментальный – авт. прим.) – вот что составляет так называемый научный метод», – считал лауреат Нобелевской премии по физике Р. Фейнман.

Например, из истории известно, что только после экспериментальных исследований С. Грея явления, в котором электричество можно передавать на

довольно значительное расстояние с помощью увлажнённых нитей, Г. Ом сумел выявить количественную закономерность: ток в проводнике прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален сопротивлению проводника тока (основа электротехники – закон Ома). Эксперименты Г. Ома опирались на новые источники питания и на новые способы измерять действие электрического тока, а в дальнейшем позволили абстрагироваться от формы и длины проводников тока и ввести такие характеристики, как удельное сопротивление проводника и внутреннее сопротивление источника питания.

Даже тогда, когда наука сформировала систему конкретных теорий, эксперимент способен обнаружить объекты и явления, не объясняемые в рамках существующих теоретических представлений.

Один из крупнейших философов XX века М. Хайдеггер обращал наше внимание на то, что «научный метод никогда не есть техника. Как только он становится таковым, так сразу же отпадает от своей собственной сути <...> Метод растёт и изменяется на основании тех знаний о вещах, которые с его же помощью и получены». А советский физик-теоретик, академик А.Б. Мигдал неоднократно подчеркивал, что «основа работы в любой области науки – научный метод познания. Это <...> фундамент мировоззрения ученого. Научный метод позволяет отделить достоверное от невозможного, отделить самую красивую и даже правдоподобную догадку от доказанного утверждения...». Что настоящий ученый, вне всякого сомнения, должен обладать техникой «безупречного владения научным методом» познания.

Научный метод познания как обоснованный фактор эффективности обучения. Опираясь на идеи известных физиков-основателей, советский и российский ученый-методист, академик В.Г. Разумовский выразил в учебных целях механизм научного метода познания в следующей схеме: «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент». Оказалось, что процесс познания можно наглядно и довольно успешно (результативно) для обучения развернуть таким образом.

Логика метода включает следующие этапы: суммирование фактов, которое приводит к постановке проблемы; видение решения поставленной проблемы оформляется в виде первоначальной догадки-гипотезы, которая путем создания модели и ее теоретического логического развития обеспечивает возможность объяснения, обоснования этого явления или предполагает новые свойства; гипотеза и вытекающие из нее следствия должны подтверждаться экспериментальной проверкой.

Такой метод задает достаточно высокий научный уровень обучения и является ориентировочной основой самостоятельных познавательных действий в научном познании. Осваивая научный метод, обучающиеся усваивают и саму теорию.

В настоящее время актуален поиск и других схем процесса познания.

Вопросы к главе 1

1. Каковы основные отличительные признаки научного познания?
2. Как может изменяться научное знание в ходе исторического процесса?
3. Что является объектом и предметом познания? Как проявляется соотношение понятий «предмет – объект»?
4. Какие существуют формы знаниевых образований в любых системах знаний?
5. Каковы особенности языковых средств познания?
6. В чем специфика выделения объектов в науке и в обучении?
7. Объясните различие между научным фактами и знанием?
8. В чем значение эмпирических фактов в познании природы?
9. Что выражает понятие «гипотеза» в познании?
10. Какие функции выполняет гипотеза в науке?
11. В чем заключается построение модели? Каковы особенности метода моделирования?
12. Какие основные модели выделяют в обучении физике?
13. Перечислите и опишите основные функции моделей?
14. Назовите основные измерительные процедуры, в чем их суть?
15. Какие существуют критерии измерения и в чем их особенности?
16. В чем выражаются логические функции понятия в системе знаний?
17. Охарактеризуйте основные виды понятий.
18. Что выражает понятие «метод познания»?
19. Какие существуют основные методы познания? Дайте определения и краткие характеристики.
20. В чем своеобразие и значение научного метода познания в обучении?

Глава 2. Физические картины мира как фундаментальные обобщения

§ 2.1. Понятие о физической картине мира

С давних времён, с тех пор как существует изучение природы, оно имело перед собой в качестве идеала конечную, высшую задачу: объединить пёстрое многообразие физических явлений в единую систему, а если возможно, то в одну-единственную формулу.

Макс Планк

Представления о ФКМ. Физическая картина мира является *особым самостоятельным видом теоретического знания*. Она включает в себя широкий диапазон физических знаний: элементы фундаментальных физических теорий, концепции, обобщения, гипотезы, категории, понятия, принципы, базовые мировоззренческие идеи и методы познания на каждом конкретном этапе исторического развития.

В методологии научного познания ФКМ, как обобщённый образ действительности, прочно утвердилась как одна из основных *философских категорий*, выражающая наиболее общие свойства и связи явлений действительности.

В науке ФКМ рассматривается и оценивается в качестве *теоретической модели* исследуемой реальности (обобщённый образ действительности), некой идеальной картины природного мира, формируемой с помощью физического знания. В качестве теоретической модели физическая картина мира – результат деятельности ученых. ФКМ формирует соответствующий стиль научного мышления конкретной исторической эпохи.

Физическая картина мира и физическая теория. Прежде, чем обратиться к содержанию ФКМ, конкретизируем отличие физической картины мира от физической теории.

С одной стороны, из истории физики видно, что мир физической науки тесно связан с физической картиной мира. Для понимания и построения физической картины мира теоретические идеи занимают важное место. Каждая ФКМ формируется под влиянием ведущей физической теории своего времени, которая обеспечивает ее завершенность. Так механистическая картина мира разрабатывалась и уточнялась в процессе становления механики от Ньютона до Лапласа и даже тогда, когда новые научные идеи уже начали формировать электродинамическую картину мира. К. Поппер подчеркивал: «Научные теории являются инструментами, посредством которых мы пытаемся внести порядок в

тот хаос, в котором мы живем, чтобы сделать его рационально предсказуемым».

С другой стороны, в познании физическая картина мира до определенной степени влияет на построение физической теории, служит предшествующим базисом (а порой средством объяснения) новых физических знаний, а также тех отдельных опытных данных, для объяснения которых теории еще не построены. Так задача о происхождении солнечной системы из хаотической туманности была разработана И. Кантом умозрительно и в общем виде (знаменитая космогоническая гипотеза 1755 года), но давала общее качественное понимание проблемы именно на основе механической картины мира, которая смогла охватывать явления, которые в принципе не относятся к механике.

Характеристика ФКМ как необходимого теоретического «минимума», выделяющегося общностью положений и описывающего мир природы, отличается от конкретных физических теорий, но в то же время объединяет эти теории, обеспечивая их синтез – такой смысл отмечал еще А. Эйнштейн.

Уточним различие физической картины мира и физических теорий, исходя из особенностей их *понятийной структуры*. Во-первых, теория не может быть сформулирована без использования терминологии, описывающей картину мира. Во-вторых, смысловая нагрузка понятийного аппарата физической картины мира характеризуется большей степенью общности по сравнению с конкретными физическими теориями. Основным содержанием ФКМ являются фундаментальные обобщения физических теорий. В-третьих, на одну и ту же картину мира может опираться ряд теорий, в том числе основных.

На физическую картину мира оказывает влияние непосредственная **близость с базовыми категориями философии**. Любая ФКМ включает в себя набор методологических принципов. Методологические обобщения регулируют отношения между фундаментальными физическими теориями, которые в принципе позволяют описать предметный мир.

С одной стороны, современная физика оказывает непрерывное прямое и косвенное воздействие на философское освоение действительности, новые открытия в физике уточняют основополагающие философские идеи о: постижимом и непостижимом; понимании и непонимании; причине и следствии; видимом и невидимом; необходимости и случайности; хаосе и порядке. А с другой стороны, обобщения физической картины мира вводит в физику новые философские идеи и обусловленные ими понятия, принципы и гипотезы, которые иногда коренным образом меняют основы физического теоретического знания.

А. Эйнштейн даже писал: «В наше время физик вынужден заниматься философскими проблемами в гораздо большей степени, чем это приходилось делать физикам предыдущих поколений. К этому физиков вынуждают трудности их собственной науки». Практически все выдающиеся физики начала XX века – А. Эйнштейн, Н. Бор, В. Гейзенберг, В. Паули (и другие) уделяли достаточное внимание, наряду с физическими вопросами, вопросам философским. Лауреат Нобелевской премии по физике М. Борн так относился к

философии и её роли в физическом познании окружающего мира: «...каждый физик-теоретик, глубоко убежден, что его работа теснейшим образом переплетается с философией». И еще более определенно, оценивая взаимовлияние философской составляющей и физического знания в ФКМ: «я убеждён, что именно теоретическая физика есть подлинная философия».

Еще одно важное замечание. В отличие от теорий, физическая картина мира содержит совокупность *наглядных представлений*, понятий о мире на обыденном уровне, отражающих их субъективный характер в сознании каждой личности в деталях. Фактически ФКМ – это определенная онтологическая картина мира.

§ 2.2. Основы понимания и построения физической картины мира

Простота – единственная почва, на которой мы можем воздвигнуть здание наших обобщений.

Анри Пуанкаре

Для освоения комплекса вопросов о физической картине мира в качестве фундамента необходимо **общее методологическое введение**. Оно определяет точку зрения на изучаемые объекты. Вот его наиболее принципиальные положения.

- В основе физического познания (естественнонаучного в целом) лежит утверждение о *существовании* природы, материального мира, которое с течением времени остается неизменными.

- Базисом ФКМ служит *понятие «материя»* и утверждение о неисчерпаемости её познания. На этом ключевом представлении решаются важнейшие проблемы физической науки. Оно определяет познаваемость мира человеком: решение проблем видов, структур и уровней строения материи; её фундаментальных объектов, общих закономерностей их взаимодействия; движение материи и его виды, проблемы сущности пространства и времени; общие принципы развития и эволюции. Все это позволяет «строить» реальность. Поэтому смена физической картины мира связана со сменой представлений о материи.

- Природа (Мир) движется, развивается, формы её усложняются по принципу наследственности и самоорганизации. Причем во всех процессах неизбежно присутствуют случайные факторы (теория универсального эволюционизма Н. Моисеева).

Следовательно, физической картине мира присуще *эволюционирование*. Система знаний (научных, философских, мировоззренческих и др.) изменялась с течением времени, и будет меняться на принципах *дополнительности и*

преемственности. Так, смена концепции механической картины мира не отменила самой идеи атомистического строения вещества, хотя и изменила старые представления об атомах как о неделимых корпускулах.

- В классическом естествознании Природа отделена от Человека. В современном научном познании и современной ФКМ наблюдатель становится (рассматривается) частью изучаемой системы.

- Важная характеристика ФКМ – ее *системность*. Не просто сумма или набор отдельных знаний, а результат их взаимосогласования и организации в систему.

М. Планк начинал статью «Единство физической картины мира» такими словами: «Еще в древние времена, тогда, когда начиналось изучение природы, существовал идеал, высокая задача: объединить пестрое многообразие физических явлений в единую систему, и если возможно, в одну единственную формулу».

- *Структурное единство* физической картины (принцип структурного единства) предполагает выявление всех связей, свойств, отношений, которые объединяют отдельные элементы в единую новую целостность и позволяют установить связи данной системы с другими окружающими ее системами или явлениями. Из картины мира нельзя изъять ни один структурный элемент (например, понятие поля из электродинамической картины) без нарушения ее целостности.

Р. Фейнман подчеркивал, что для физика «важнее всего понять внутреннее структурное единство мира». В исторической протяженности принцип внутреннего структурного единства позволят заложить основы новой ФКМ.

- Физической картине мира ФКМ присуща определенная *стабильность, устойчивость*, а порой и консервативность по отношению к физическим теориям.

ФКМ сохраняет свое существование достаточно длительный срок. При этом стабильность должна расцениваться всегда как относительная устойчивость, как совокупность конкретно-научных и онтологических констант, сохраняющихся без изменения во всех физических картинах мира без коренных изменений. Например, принципы сохранения энергии, постоянного роста энтропии; фундаментальные физические концепции, характеризующие пространство, время, вещество, поле, движение.

- *Относительность* – характерный признак физической картины мира, который наглядно проявляется в их периодической смене. Не все элементы ФКМ могут быть сопоставимы с объективной реальностью (и в языке не всегда воспроизводятся правильно и точно). В то же время относительность открывает возможность развития ФКМ (вплоть до полного отрицания).

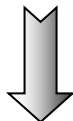
Общеметодологический фундамент ФКМ выражен в стиле физического мышления для построения и организации содержания познания (выделение и самосознание средств познания, форм, факторов, методов, процедур, схем и др.), поиск новых форм и средств познания.

Итак, физическая картина мира является сложным образованием.

Смысл и содержание системы знаний ФКМ представлены ниже в виде схемы (рис. 2.2.1.).

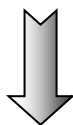
ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

– это обобщенная **модель** природы о материи, движении, взаимодействии, пространстве-времени, закономерностях развития



СОСТАВ ФКМ

- исходные теоретические идеи (концепции, гипотезы)
- область познания
- базовые понятия
- основные законы (принципы)
- фундаментальные константы
- определяющие методы познания
- ключевые выводы (мировоззрение)



ЛОГИКА ОБЪЕДИНЕНИЯ ЗНАНИЯ В ФКМ

- структурное деление материи – модели материи – фундаментальные физические величины
- фундаментальные взаимодействия – их проявление – модели
- законы сохранения
- теории и их взаимосвязь (принцип дополнительности, принцип соответствия и др.)
- сформированный понятийный аппарат

Рис. 2.2.1. Система знаний ФКМ

В образовательном процессе в наиболее общем виде важно учитывать общие закономерности развития физики (прямое или опосредованное влияние социальных и культурных факторов, связанных с развитием общества) на формирование физического знания и ФКМ. Первоочередными в раскрытии содержания курса ФКМ являются знания о методах и методиках познания бесконечного многообразия мира. Для обучения очень важно, что ФКМ, как и любой познавательный образ, упрощенно представляет реальность, схематизирует ее.

§ 2.3. Функции физической картины мира

Фундаментальные знания о природе – одно из величайших сокровищ <...> и принадлежит оно всему человечеству...

Лео Эсаки

Физическая картина мира обладает множеством самых разнообразных **функций**, раскрывающих ее природу.

- *Гносеологическая (теоретико-познавательная) функция* выражается в том, что ФКМ содержит знания, характеризующую определенный исторический этап развития, является средством для получения новых знаний об устройстве мира, играет фундаментальную роль в процессе построения (и понимания) физических теорий.

- *Описательная и систематизирующая функции.* С одной стороны, ФКМ, как система знаний, описывает законы развития мира и по этому признаку ее иногда называют теорией. С другой стороны, ФКМ выполняет функцию описания как модель отражения мира. Чем полнее и глубже описание (изложение, систематизация), тем оно четче и яснее позволяет дать упорядоченное представление о реальном мире.

- *Объяснительная функция* ФКМ включает интерпретацию причин и условий существования (функционирования) различных составляющих картины мира, предполагает адекватное построение системы представлений об устройстве мира, и обязательно должна выводить на уровень практической деятельности познающего субъекта.

- *Прогностическая и предсказательная функции* ФКМ. Историческая практика подтверждает связь прогностической и предсказательной функций с эвристической. *Эвристическая функция* дает возможность предвидеть существование объектов и явлений позволяет выявить перспективы развития определенного явления или процесса, а иногда, с указанием количественных характеристик.

- *Развивающая функция.* Структурное единство научных знаний картины мира стимулирует развитие познания. При этом картина мира должна иметь постоянную тенденцию к выходу за границы применимости достигнутого знания (опираться при этом именно на уже утвержденное наукой знание). Касательно образования, развивающая функция физической картины мира в том, что ФКМ познавательна активна для целей обучения и познания в обучении.

- *Информативная функция.* ФКМ можно рассматривать как некую информационную систему со сконцентрированной информацией описания материального мира, обеспечивающую разноплановый взгляд. В этом качестве она имеет свойство универсальности в структуре научного познания.

- *Интегративная функция.* Физическая картина мира представляет собой не просто набор отдельных знаний, а результат их взаимосогласования и

организации в новую целостность. С этой функцией связана такая характеристика научной картины, как ее системность, обеспечивающая синтез знаний.

- *Нормативно-регулятивная функция.* ФКМ выступает в качестве *парадигмы современной физики*, отсюда очень многое определяет в физическом образовании, в построении учебных систем знаний и формы изложения материала в учебном процессе. Она задает систему установок и принципов освоения. Ее содержание и смыслы в целом обуславливают способ видения мира, поскольку влияет на формирование научных (физических), социокультурных, методологических, логических и др. норм мышления. Поэтому можно говорить о *нормативной функции* картины мира.

- *Мировоззренческая функция.* ФКМ как научная категория приобрела достаточные основания для рассмотрения ее в качестве фактора формирования научного мировоззрения. Физическая картина мира вносит ясность в понимание человеком мира и себя в нем.

- Для полноценного мировосприятия человеку недостаточно присутствия в его сознании определенных научных теорий. Именно функционирующая в данный период истории система ценностей ФКМ является фактором, определяющим базовые жизненные ориентиры человека, тем самым выполняя *аксиологическую функцию*. С позиций общих представлений о мире ФКМ позволяет определить значимость и смысл, оценку явлениям и событиям как внешнего, так и внутреннего мира человека, способствует коммуникации между людьми, опосредует общественное, индивидуальное, групповое общение.

- *Прагматическая функция.* Прагматическая функция выражается в том, что систематизация знаний в ФКМ помогает их сознательному использованию в практической деятельности. Сформированная субъектом в сознании картина мира и включенная в структуру его жизнедеятельности мотивирует его действия определенным образом: любая информация воспринимается и используется для выработки программ или вида деятельности в повседневной практике с учетом установок картины мира.

Описанные функции ФКМ имеют разное *смыслонесущее* значение, которое определяет в целом *методологическую функцию* картины мира, выражаемую в принципе единства картины мира.

В заключение приведем высказывание М. В. Мостепаненко, подчеркивающего основную мысль, что все же «главная тенденция каждой физической картины мира – дать единое стройное отражение объективной действительности».

§ 2.4. Механическая картина мира

Природа для него была открытой книгой, которую он читал без усилий. Концепции, которыми он пользовался для упорядочения данных опыта, кажутся вытекающими непринужденно из самого опыта, из замечательных экспериментов, заботливо описываемых им со множеством деталей и расставленных по порядку, подобно игрушкам.

Альберт Эйнштейн (о Ньюtone)

Среди ученых, кто подготовил построение механистической картины мира (МКМ) или сыграл в этом значимую роль, выделим Леонардо да Винчи (его механику), Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, И. Ньютона.

Первую физическую картину мира – механическую надо рассматривать как исторический этап развития физической науки, синтез научных знаний своего времени. Основой послужил всеобъемлющий характер открытых И. Ньютоном законов движения тел, которые он считал фундаментальными законами мироздания. Ж. Лагранж писал о И. Ньюtone: «Он самый счастливый, систему мира можно установить только один раз». Поскольку в те времена механика была главной наукой, а научное объяснение природы было механическим, МКМ строилась на достаточно очевидных и простых механических идеях и подчеркивала абсолютный характер физических явлений.

Основные идеи механической картины мира.

- Содержательное основание для построения механической картины мира дает соответствующая физическая теория – *классическая механика*. Согласно законам механики Ньютона взаимодействие между телами осуществляется в соответствии с принципом дальнего действия, мгновенно на любые расстояния (закон всемирного тяготения, закон Кулона), или при непосредственном контакте (силы упругости, силы трения).

- Для законов классической механики основным принципом, является *принцип относительности*, сформулированный Г. Галилеем на основе эмпирических наблюдений (позднее в 1905 году А. Эйнштейн расширил принцип относительности Галилея на электродинамические и оптические законы). Принцип предполагает, что наблюдаемое движение тел не зависит от выбора инерциальных систем отсчёта, в которой мы проводим исследование (лишь учитываем начальные скорости движения).

- Мир состоит из трех независимых друг от друга сущностей: *вещества, пространства и времени*.

- В основу теоретического базиса МКМ положена концепция абсолютного пространства (в виде невидимой невесомой «жидкости» – эфира),

вмещающего в себя взаимодействующие тела. Пространство всегда останется неизменным. Время как универсальная длительность всех процессов во Вселенной – абсолютно и фундаментально. Пространство и время абсолютны, однородны и изотропны. Пространство трёхмерно и евклидово, время одномерно и однонаправленно – они существуют вне зависимости от материи и друг от друга.

- Материя – вещественная субстанция, состоящая из неделимых непроницаемых частиц, которые характеризуются наличием массы (корпускулярная модель реальности).

- Все виды энергии можно свести к энергии механического движения. Все материальные тела состоят из молекул, находящихся в непрерывном и хаотическом механическом движении (столкновения атомов и молекул). Все наблюдаемые явления и превращения в живой, и неживой материи сводятся к механическим перемещениям (внутреннее врожденное свойство двигаться равномерно и прямолинейно). Изменение положения тела в пространстве с течением времени рассматривалось или как сумма механических пространственных перемещений, или как отклонение в результате действия внешней силы. Движение объяснялось на основе трех законов Ньютона.

- Все многообразие *взаимодействий* сводилось только к гравитационному, которое означало наличие сил притяжения между любыми телами; величина этих сил определялась законом всемирного тяготения. Гравитационные силы являются универсальными, т.е. они действуют всегда и между любыми телами.

- Существование Вселенной (все механические процессы) подчиняется строгим законам, где предметы и явления связаны между собой жесткими причинно-следственными отношениями (лапласовский детерминизм), а случайность исключается. Признаются только динамические законы.

- Важнейшую роль в построении МКМ сыграли ряд принципов: принцип материального единства мира (исключающий деление на земной и небесный мир); принцип причинности и закономерности природных процессов, принцип экспериментального обоснования законов и их описания на языке математики (отказ от созерцательности).

Структура механической картины мира представлена ниже (рис. 2.4.1.).



Рис. 2.4.1. Механическая картина мира

Понятия, физические величины, модели. МКМ опирается на следующие основные *понятия и физические величины*: система отсчета, траектория, путь, перемещение, координата, скорость, ускорение, взаимодействие, сила, момент силы, импульс, момент импульса, энергия, работа.

Масса – мера инертности тела, момент инерции – мера инертности тела при вращении вокруг оси. Масса тела всегда остается постоянной, момент инерции зависит не только от массы тела, но от его размеров и формы. Эти понятия стали использоваться в законах, описывающих поступательное и вращательное движение.

Основные *простые модели*: материальная точка – тело, форма и размеры которого не существенны; абсолютно твердое тело – тело, расстояние, между любыми точками которого остается неизменным, а его деформацией можно пренебречь.

Позднее, на основании ньютоновских концепций, Л. Эйлер и Я. Бернулли разработали теорию движения твердого тела, теорию упругости и гидродинамику. Ж. Лагранж систематизировал механику и поставил перед собой задачу объяснения всех явлений мироздания, руководствуясь механикой и механической картиной мира. В начале XIX века П. Лаплас разработал «земную», «небесную» и «молекулярную» механику.

В целом, механическая картина мира дополнила собственно механику в ее стремлении дать целостное объяснение всем явлениям окружающей действительности.

Постепенно с развитием науки был обнаружен **относительный характер** механической картины мира (механистический материализм), выявлены пределы применимости классической механики. Но до сих пор ее основные научные положения широко используется в практической деятельности людей. Классическая механика даёт исключительно точные результаты в тех случаях, когда применяется в рассматриваемых явлениях к материальным объектам, скорости которых много меньше скорости света, а размеры значительно превышают размеры атомов и молекул и при расстояниях (или условиях), когда гравитационное взаимодействие подчиняется принципу дальнего действия.

Механическая картина мира до наших дней сохраняет своё **значение**. Ее идеи намного проще в понимании и использовании, чем остальные представления; в обширном диапазоне познания она достаточно хорошо описывает реальность. Механистический взгляд на мир по-прежнему остается актуальным в повседневной человеческой жизни: от описания движения обыденных предметов макромира, астрономических и многих микроскопических объектов до вопроса о физическом смысле и понимании пространства.

§ 2.5. Статистическая картина мира

Придет время и статистическое мышление станет таким же необходимым качеством для истинного гражданина как умение читать и писать.

Герберт Уэллс

История возникновения. Статистическая картина мира начала формироваться в XIX веке еще в рамках механической картины мира с появлением *молекулярно-кинетической теории* (МКТ). Поэтому логически верным будет и другое ее название – молекулярно-кинетическая картина мира. Решающий вклад в развитие МКТ был внесен трудами замечательных ученых Дж. Максвелла и Л. Больцмана.

При разработке Дж. Максвеллом МКТ газов, в частности, при теоретическом выводе закона распределения молекул по скоростям, в физику были введены вероятностные представления. Механическую задачу о движении большого числа частиц практически нельзя было решить, поскольку свойства системы большого числа частиц носят принципиально другой, статистический характер и должны решаться совершенно новыми методами – статистическими методами. Поэтому из-за невозможности точно описать поведение огромного числа частиц для получения общей картины поведения газа, Дж. Максвелл, используя теорию вероятностей, пришел к выводу, что «скорости распределяются между частицами по тому же закону, по которому распределяются ошибки между наблюдениями в теории «метода наименьших квадратов». Так исторически были заложены *первоосновы классической статистической физики*, статистического (вероятностного) описания свойств веществ (главным образом, газов), состоящих из огромного числа хаотически движущихся молекул. Применение в физической науке вероятностных методов ознаменовало новый этап в развитии физики – в описание физических явлений вошла статистика.

Молекулярно-кинетическая теория – это первое название статистической физики, которое сохранялось за ней долгое время. В настоящее время этот термин выделяется для ознакомления и изучения в учебниках по курсу общей физики, но в современной теоретической физике уже практически не используется.

Исторически МКТ стала одной из самых успешных физических теорий и была подтверждена экспериментально и теоретически. МКТ рассматривает строение вещества с точки зрения трёх основных положений: все тела состоят из частиц: атомов, молекул, ионов; частицы находятся в непрерывном хаотическом движении (тепловом); частицы взаимодействуют друг с другом. Основными доказательствами положений МКТ стали: диффузия, броуновское движение и изменение агрегатных состояний вещества.

Основные идеи статистической (молекулярно-кинетической) картины мира формируются так:

- Состояние системы определяется совокупностью параметров (давление, объем, температура, энтропия), определяющих ее свойства. Между ними существует функциональная зависимость, которая выражается уравнением состояния. Если система, содержащая огромное количество частиц, изолирована от внешних воздействий, то через некоторое время она достигнет равновесного состояния.

- В равновесном состоянии частицы двигаются хаотически, т.е. любые направления движения частиц равновероятны. Это предположение в статистической физике интерпретируется как отсутствие корреляций между состояниями сталкивающихся частиц.

- Равномерное распределение энергии по степеням свободы. Утверждение, что все направления движения частицы равновероятны, относится и к поступательному движению частиц, и к вращательному, и колебательному, т.е. нет оснований считать, что какое-то из направлений движения частицы предпочтительнее.

- Эргодическая гипотеза. Предположение в статистической физике о том, что средние по времени значения физических величин, характеризующих систему, равны их средним статистическим значениям множества копий этой системы.

- Связь макросостояния с микросостояниями. Состояние макроскопического тела может быть задано с помощью параметров p , V , T . Микросостоянием называется охарактеризованное настолько подробно состояние макротела, что оказываются заданными состояния всех образующих тело молекул. Термодинамической вероятностью макросостояния называют число микросостояний, реализующих данное макросостояние.

- Дж. Гиббсом в начале XX века был обобщен статистический подход по отношению к любым состояниям вещества. Для перехода от механического описания системы к вероятностному (или статистическому) Гиббс ввел понятие совокупности большого числа копий данной механической системы. Полагалось, что они находятся в одинаковых с макроскопической точки зрения внешних условиях.

Доктор философии, один из основоположников кибернетики и теории искусственного интеллекта Н. Винер даже писал о переходе от ньютоновского мира к вероятностному, что «именно Гиббсу, а не Альберту Эйнштейну, Вернеру Гейзенбергу или Максиму Планку мы должны приписать первую великую революцию в физике XX века». В работах Дж. Гиббса, считающегося одним из основоположников термодинамики и статистической механики или статистической физики, до сих пор не обнаружено ни одной ошибки, все его идеи сохранились в современной науке.

В теории статистического метода стало применяться еще одно понятие – флуктуация. Флуктуации – случайные отклонения физических величин от их средних значений. Например, броуновское движение является примером флуктуации давления.

Статистическая механика Дж. Гиббса (работа «Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики», где он развил метод, применяемый Дж. Максвеллом и Л. Больцманом), была положена в основу всей

статистической термодинамики и стала завершением классической статистической физики. Поэтому становление статистической картины мира и статистической физики обычно связывают с именем выдающегося ученого, физика-теоретика Дж. Гиббса.

Итак, дав объяснение простейшим тепловым и молекулярным явлениям, статистическая теория уже к концу XIX века использовалась при рассмотрении законов равновесного излучения, поведения электронов в металле, при рассмотрении теплоемкости газов и твердых тел. Статистические представления на природу явления носят вероятностный характер и считаются более глубокими, фундаментальными по сравнению с динамическими (рис. 2.5.1.).

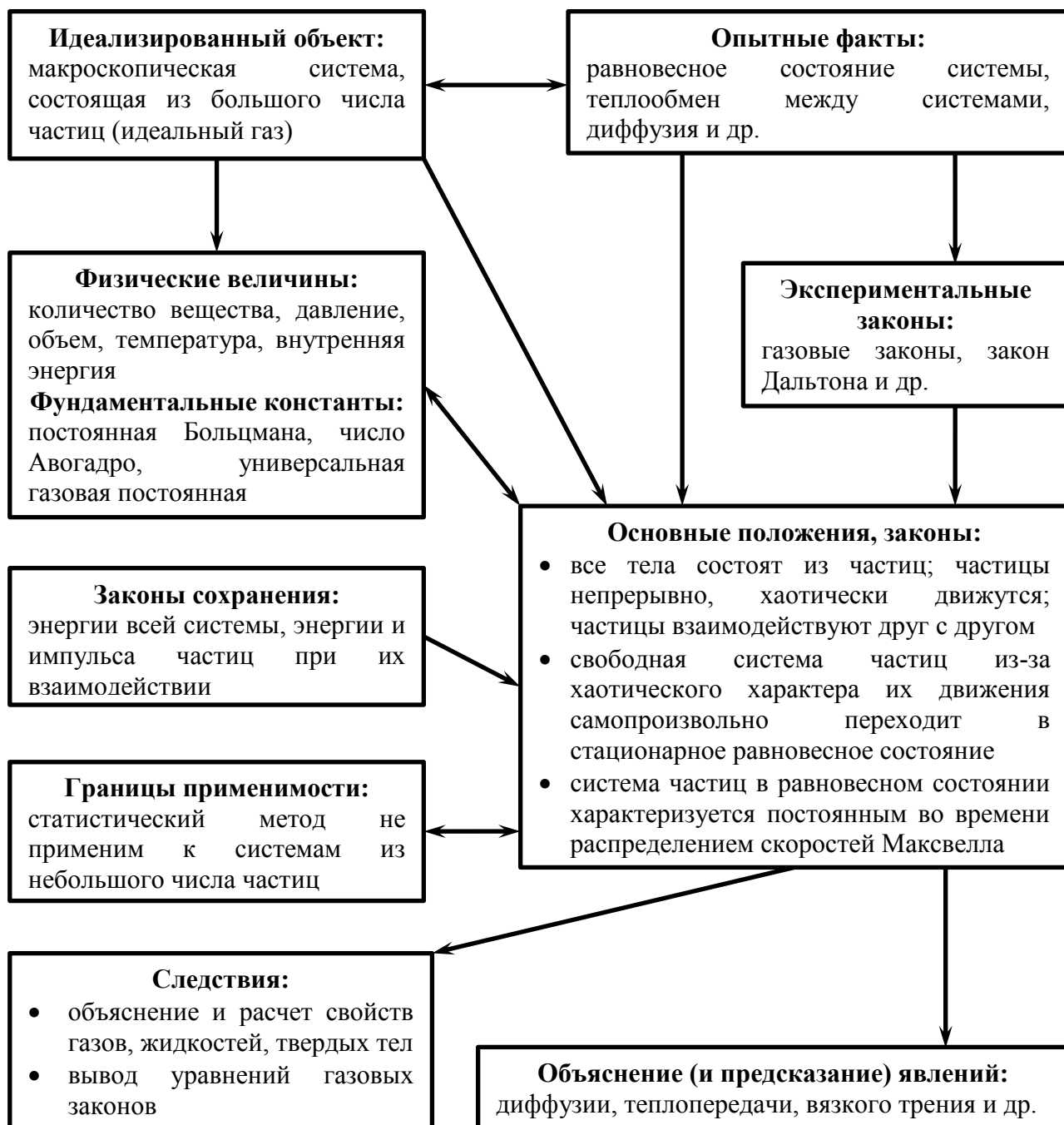


Рисунок. 2.5.1. Статистическая картина мира

Однако не все явления, к которым применялись представления классической статистической физики, могли быть объяснены (например, законы излучения абсолютно черного тела и поведение теплоемкости вещества при низких температурах). В итоге постепенно формировались границы применимости статистических идей.

Значение. На основе МКТ развит целый ряд разделов современной физики, в частности, физическая кинетика.

Статистические и динамические способы описания *взаимодополняют* друг друга при исследовании проблем, стоящих перед современной физикой.

После вхождения в физику вероятностей стали широко использоваться разнообразные *математические методы*, основанные на вероятностных законах. Это теория вероятностей, математическая статистика, теория нелинейных уравнений, а также различные методы математической физики. Важную роль в статистической физике играют численные методы, требующие очень мощных вычислительных машин.

Статистическая физика позволила объяснить и количественно описать сверхтекучесть, турбулентность, коллективные движения в твёрдых телах и плазме, структурные особенности жидкостей. Она лежит в основе современной астрофизики. Именно статистическая физика позволила создать такую интенсивно развиваемую науку как физика жидких кристаллов и построить теорию фазовых переходов и критических явлений. Многие экспериментальные методы исследования вещества целиком базируются на статистическом описании системы. К ним относятся, прежде всего, рассеяние холодных нейтронов, рентгеновских лучей, видимого света, корреляционная спектроскопия и т.д.

Роль статистических идей и методов для современной эпохи настолько велика, что статистический стиль мышления считают существенной чертой современного миропонимания.

§ 2.6. Электромагнитная картина мира

Со времени обоснования теоретической физики Ньютоном наибольшие изменения в её теоретических основах, другими словами, в нашем представлении о структуре реальности, были достигнуты благодаря исследованиям электромагнитных явлений Фарадеем и Максвеллом.

Альберт Эйнштейн

Во второй половине XIX века на основе исследований в области электромагнетизма двух выдающихся физиков М. Фарадея и Дж. Максвелла начала формироваться новая электромагнитная картина мира (ЭМКМ).

В течение длительного времени теория электромагнетизма Дж. Максвелла вследствие своего революционного характера казалась нелегкой для понимания даже для ученых, в сравнении с механическими взглядами на природу, а из-за сложных математических уравнений – трудной для усвоения. Физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике Х. Лоренц, в своей работе одним из первых применивший теорию Максвелла, много лет спустя писал, что она была «не из лёгких!». Важность концепции Максвелла выделял А. Эйнштейн: «Формулировка этих уравнений (уравнений Максвелла) является самым важным событием со времени Ньютона не только вследствие ценности их содержания, но и потому, что они дают образец нового типа законов». Н. Бор впоследствии резюмировал, что даже после развития атомной теории можно утверждать, что язык Максвелла «останется языком физиков на все времена».

Гениальный М. Фарадей преимущественно для создания своих научных моделей использовал свою исключительную физическую интуицию. Дж. Максвелл, так характеризовал суть представлений Фарадея об электромагнитном поле: «Фарадей своим мысленным взором видел пронизывающие всё пространство силовые линии там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел среду там, где они не видели ничего, кроме расстояния...».

Благодаря глубине научной мысли в работах по электромагнетизму этих великих гениев физической науки, несомненным достоинством новой электромагнитной картины мира было то, что ее положения удивительно хорошо объясняли не только все известные факты, но и предсказывали большой круг новых явлений. Один из великих физиков XIX века Г. Кирхгоф удивленно констатировал: «Разве осталось что-либо еще открывать?».

После создания электродинамики представления о силах классической механики существенно изменились. Такие, чисто механические силы, как сила упругости и сила трения были успешно объяснены электромагнитным взаимодействием. Понятие поля стало совершенно новым для того времени элементом физической реальности. Законы, объясняющие электричество и магнетизм стали базой для электромагнитной теории света. «Толкование света

как электромагнитного явления по своей смелости превзошло всё, что я до сих пор знал», – писал Х. Лоренц.

Итак, построение ЭМКМ, начавшееся с трудов М. Фарадея и Дж. Максвелла, было завершено в начале XX века усилиями Х. Лоренца (электронная теория) и Г. Герца (экспериментальные опыты, после которых фарадеевско-максвелловская модель *полевой* теории электромагнетизма становится общепризнанной).

На основе новых знаний впоследствии была построена единая шкала электромагнитных колебаний от самых длинных радиоволн до коротких рентгеновских и гамма-излучений.

Основные идеи электромагнитной картины мира.

- Важнейшим элементом ЭМКМ является *электромагнитное поле* – качественно новый, своеобразный вид материи (как система, обладающая бесконечно большим числом степеней свободы).

- *Материя* состоит из молекул, молекулы из атомов, атом имеет сложное строение. В качестве элементарных частиц рассматриваются три частицы – электрон, протон и фотон. Фотоны – кванты электромагнитного поля.

- Материя существует в форме вещества и поля: как в дискретной форме (вещество состоит из электрически заряженных частиц, взаимодействующих между собой посредством полей), так и непрерывной форме (электромагнитное поле) (рис. 2.6.1.). Между полем и веществом имеется грань: вещество не превращается в поле и наоборот. Они различны по сущности: вещество обладает массой, а поле – нет, вещество малопроницаемо, а поле полностью проницаемо. Поля, в отличие от вещества, непрерывно распределяются в пространстве.

- На смену механической модели эфира пришла электромагнитная *модель*. Однако в дальнейшем отношение к понятию эфира (как переносчика света и электромагнитных волн) постепенно меняется, эволюционирует – вплоть до полного отказа в конечном итоге от самой концепции эфира.

- В ЭМКМ рассматриваются *два вида фундаментальных взаимодействий*, соответственно два вида поля – электромагнитное и гравитационное. Электромагнитное взаимодействие заряженных частиц намного сильнее гравитационного взаимодействия.

- Принцип суперпозиции выражает фундаментальное свойство электромагнитного поля: в любой области пространства электромагнитное поле можно представить как сумму независимых электромагнитных полей.

Областью действия законов электромагнитного поля является всё пространство. Электромагнитные силы действуют в атоме, молекуле, между отдельными молекулами в макроскопических телах, т.е. действие

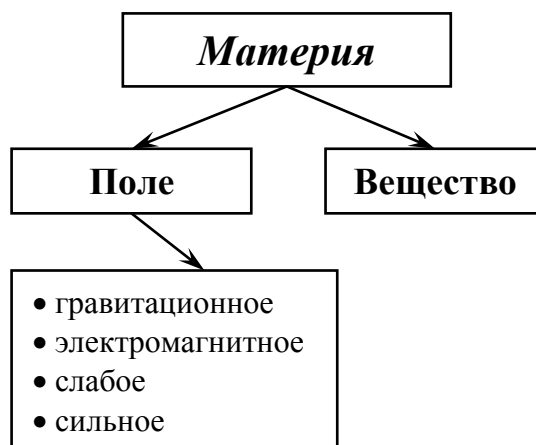


Рис. 2.6.1. Структурное деление материи в ЭМКМ

электромагнитных сил обнаруживается и на очень малых (ядро атома) и на космических (электромагнитное излучение звезд) расстояниях.

В случае электромагнитных взаимодействий концепция дальнего действия, господствующая в миропонимании со времён И. Ньютона, сменилась концепцией ближнего действия.

На основе электромагнитного взаимодействия объясняются все известные механические, электрические, магнитные, химические, тепловые, оптические явления (вне природы электромагнетизма остается лишь тяготение).

- *Движение* в природе рассматривается как осуществляемое и в форме механического перемещения частиц, и в форме распространения электромагнитных волн. Последнее описывается законами электродинамики.

- Важным этапом развития идей стала специальная теория относительности (СТО) А. Эйнштейна, которая в своей исходной форме в ЭМКМ была представлена *электродинамикой движущихся тел*. В СТО и далее в ОТО пересмотрены *представления о пространстве и времени*. Введено понятие о кривизне пространства-времени (зависимость кривизны пространства-времени от распределения масс, т.е. от таких видов материи, как вещество и поле), утверждена идея относительности пространства и времени (релятивистская концепция пространства и времени), получило подтверждение положение о взаимосвязи пространства, времени и движущейся материи, переосмыслено понятие одновременности. Было понято фундаментальное значение конечной скорости распространения электромагнитных взаимодействий; найдены релятивистские уравнения движения для больших скоростей. Установлена зависимость наблюдаемых пространственных и временных характеристик от скорости; введено четырехмерное пространство, по координатным осям которого откладываются пространственные координаты и время, где всякой частице в этом пространстве соответствует некая линия, называемая мировой линией; согласованы единицы измерения единиц между системами отсчёта.

Фундаментальные понятия и физические величины ЭМКМ. Понятия: электрический заряд, электромагнитное поле, электромагнитная волна. Основные физические величины: напряженность и потенциал электрического поля, магнитная индукция, энергия электромагнитного поля и др.

Электрический заряд – свойство частицы вещества, проявляющееся в способности быть источником электромагнитных полей и участвовать в электромагнитном взаимодействии. *Электрическое поле* создается любым заряженным телом или переменным магнитным полем, оказывает воздействие на любое заряженное тело и теоретически простирается до бесконечности. Поле неподвижных зарядов с течением времени не изменяется, оно называется электростатическим. Электрическое поле заряда, движущегося с постоянной скоростью, получило название стационарного. *Магнитное поле*. Электрические заряды, которые покоятся относительно выбранной системы отсчета, создают только электростатическое поле. Движущиеся электрические заряды создают вокруг себя, кроме стационарного электрического поля – магнитное. *Электромагнитное поле* проявляется при взаимодействии с заряженными телами. «Теоретическое открытие *электромагнитной волны*, распространяющейся со скоростью света, является одним из величайших

достижений в истории науки», – считал А. Эйнштейн. Структура и содержание электромагнитной картины мира представлены ниже (рис. 2.6.1.).



Рисунок. 2.6.1. Электромагнитная картина мира

Достоинства и слабые стороны ЭМКМ. Несмотря на многие преимущества ЭМКМ, ей все же не удалось добиться такого единства и простоты во взглядах, какого достигла МКМ. Причиной этого были

возрастающие темпы развития физического познания в тот исторический отрезок времени. Хотя электронная теория Лоренца и теория относительности Эйнштейна, значительно расширили содержание картины мира, но при этом электродинамическая форма научных взглядов в основном сохранилась.

Электромагнитная картина мира, несомненно, позволяла сделать огромный шаг вперёд в познании мира, она глубже вскрывала материальное единство мира, но объяснить всего и так и не смогла. Фактически возникали сложности в объяснении фотоэффекта, линейчатых спектров атомов, особые трудности при попытках построить теорию теплового излучения, объяснить радиоактивность и др.

С появлением электромагнитной картины мира начался этап интенсивного эволюционного развития физики на новой основе. Понятие физического поля, которое ввел М. Фарадей, оказало определяющее влияние на развитие науки и техники (радиосвязь, телевидение и т.д.).

§ 2.7. Квантовая картина мира.

Тот, кого не потрясает квантовая теория, просто ее не понял.

Нильс Бор

Неудовлетворенность исследователей в решении фундаментальных закономерностей развития и существования мира привели к возникновению новых физических теорий и созданию новой физической картины мира – квантовой.

Квантовая картина мира (ККМ) – это некое обобщение-модель онтологических и гносеологических представлений квантовой теории на основе: квантовой гипотезы М. Планка, волновой механики Э. Шредингера, квантовой механики В. Гейзенберга и М. Борна, квантовой теории атома Н. Бора, научных трудов А. Эйнштейна, работ ряда известных учёных, таких как Луи де Бройль (гипотеза о волнах материи), П. Дирак, В. Паули.

В квантовой картине мира базовыми являются следующие **фундаментальные физические теории – концепции.**

- *Квантово-механическая* – законы квантовой механики, блестяще описывающие состояние и движение микрочастиц (элементарных частиц, атомов, молекул, атомных ядер) и их систем.

Жестко, но твердо в свое время звучала мысль Н. Бора о том, что как «здравый смысл», так и «традиционная философия» оказались не способны учитывать новые данные квантовой механики. И чтобы понять то, что открыла физика, нужно говорить на новом языке.

- *Квантово-релятивистская* – вопросы, обусловленные использованием теорией относительности А. Эйнштейна.

В свое время, очень образно, но абсолютно точно выразил мысль Н. Бор: «Тот, кого не потрясает квантовая теория, просто ее не понял». А один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике В. Гейзенберг писал: «Я надеюсь, что кто-нибудь объяснит мне квантовую физику, пока я жив...».

Поэтому для обучения физике важно выделение главных позиций в фундаментальных теориях такого рода, которые трудно адаптируются к школьному уровню.

ККМ включает следующие основные положения.

- *Область познания – явления микромира.* Появилось понимание о невозможности достичь конечного предела делимости материи. Микромир представлен мельчайшими элементарными частицами, образованными из них атомными ядрами и атомами, а из атомов – молекулами. Было установлено, что законы микромира существенно отличаются от законов макромира.

- *Корпускулярно-волновой дуализм.* Частицы микромира обладают корпускулярно-волновым дуализмом, не только свойствами частицы (корпускулы), но и свойствами волны. Это означает, что материя обладает корпускулярными (дискретными) и волновыми (непрерывными) свойствами, которые описываются соответствующими моделями, закономерностями.

- *Квантовые волновые поля (понятие квантованного поля).* На смену классическим полям типа электромагнитного поля Фарадея-Максвелла приходит новая идея квантовых волновых полей как наиболее фундаментальной и универсальной формы материи.

Дискретность есть главная особенность явлений, происходящих на уровне микромира, энергия отмеривается порциями, поля квантуются.

Итак, ключевыми понятиями новой картины мира стали: «квант энергии», «дискретные состояния», «корпускулярно-волновой дуализм».

- *Важнейшие принципы квантовой теории:* принцип неопределённости (неопределенность результатов измерения квантовых величин и, следовательно, невозможность их точного предсказания); принцип дополнительности (свойств частиц микромира). Любой микрообъект, обладая волновыми и корпускулярными свойствами, в итоге не имеет определенных координат и скорости (импульса). Местоположение частицы задается вероятностью ее нахождения в определенной области пространства, а движение – изменением распределения вероятностей в пространстве.

- *Взаимодействия.* В квантовой механике выделяют четыре основополагающих физических взаимодействия и их обменный характер: электромагнитное, гравитационное, сильное, слабое. В основе их описания лежит принцип близкодействия: взаимодействия передаются соответствующими полями от точки к точке, скорость передачи взаимодействия конечна и не превышает скорости света.

- *Движение* – как частный случай физического взаимодействия. Под движением материи подразумевается любое изменение материального объекта;

различные виды движения не сводятся один к другому; поведение микрочастицы подчиняется не динамическим, а статистическим законам.

- *Описание.* При описании объектов используется два класса понятий: пространственно-временные (дающие кинематическую картину движения) и энергетически-импульсные (дающие динамическую, причинную картину движения).

- Принципиально новым является сочетание характеристики исследуемого объекта и условия наблюдения (*метод познания*), от которых зависит определённость этих характеристик.

- Важным становится принятие и *определение места и роли человека* в мире не только в качестве объекта природы, но как наблюдателя, который определяет картину мира. Н. Бор выделял, что при описании объекта необходимо делать поправки на средства наблюдения, наблюдателя, процедуру наблюдения.

- *Общая теория относительности* (ОТО) А. Эйнштейна, которая является дальнейшим развитием *специальной теории относительности* (СТО), где рассматриваются релятивистские представления о материи и ее движении. Перечислим охватываемый спектр вопросов: о пространстве и времени (которые тесно взаимосвязаны и взаимоопределяющие); о пространственно-временном континууме и трансформации понимания его составляющих (пространство и время представляются сложными, изменчивыми величинами, например, явления искривления пространства или изменения хода времени и т.д.); об относительности пространственно-временных свойств материальных объектов и их массы в зависимости от скорости механического движения и близости тяготеющих масс; об ограничении скорости движения (до скорости распространения света в вакууме около 300 тыс. км/с в отличие от механических представлений) и ее инвариантности; об инвариантности пространственно-временного интервала.

Структура и содержание квантовой картины мира представлены ниже (табл. 2.7.1.).

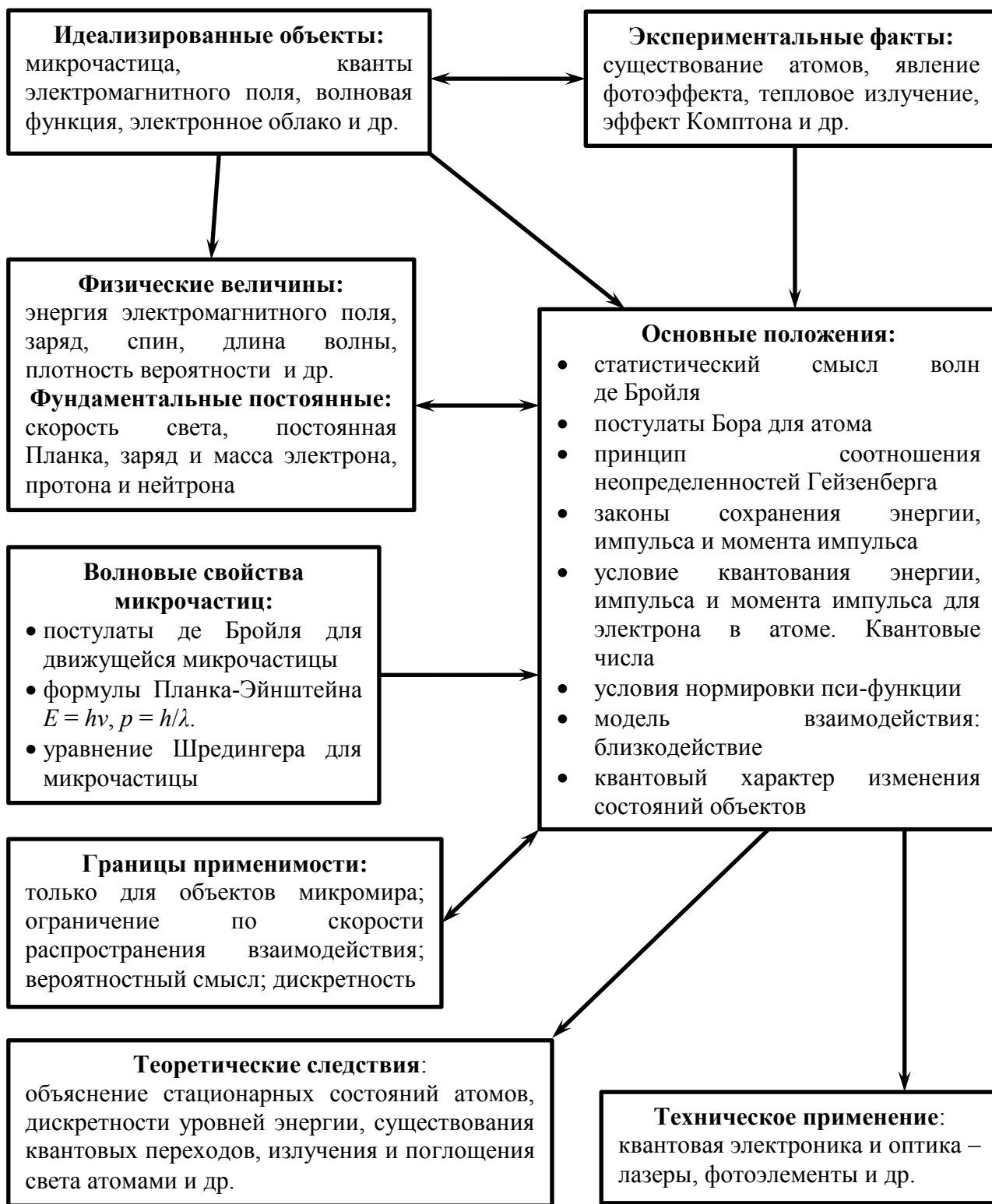


Рисунок 2.7.1. Квантовая картина мира

Рамки ККМ. По содержательной глубине квантовая механика представляет собой стройную и относительно законченную систему, хотя до сих пор в научной среде существует суждение, что она описывает *наше знание* атомного мира, а не атомный мир сам по себе как реальность. Удивительно, но одним из ранних ее критиков был даже А. Эйнштейн: «Квантовая механика производит сильное впечатление. Но внутренний голос говорит мне, что не в

ней суть проблемы...». Ее парадокс и «несовершенство» лишь в том, что в ее рамках не отказались от привычных механических атрибутов при описании квантовых полевых процессов. Или, например, в ситуациях, не связанных напрямую с движением частиц, квантовая механика ограничивается лишь вычислением вероятностей различных событий. Квантовая механика, как любая теория, имеет границы применимости. Методы квантовой механики пригодны лишь там, где подробно не рассматриваются процессы излучения и поглощения энергии.

В свое время Р. Фейнман был твердо уверен, что в квантовой механике предстоит много неожиданных научных открытий, и ее познание, несомненно, должно продолжаться.

Значение ККМ в том, что ее основные научные положения позволили успешно развиваться разным областям физики (физика твёрдого тела явления сверхтекучести и сверхпроводимости).

Квантовая теория считается наиболее фундаментальной физической теорией. ККМ определила дальнейшие направления исследований вплоть до наших дней. В настоящее время неизвестен ни один микрообъект, для которого квантовая теория была бы недостаточной. Ее достижения используются во многих разработках. Например, исследование электрического тока в полупроводниках обеспечило нас от транзисторов и светодиодов до компактных радио, телевизионных и светогенераторных устройств, мобильных средств связи, быстродействующих компьютеров, интернета.

Квантовая картина мира значительно изменила жизнь человечества, мировоззренческие взгляды, мышление. Сейчас кажется удивительным, даже невероятным исторический факт, когда в конце XIX века, еще до открытия квантовой теории, многие ученые не советовали молодому М. Планку (немецкому физику-теоретику, основоположнику квантовой физики), заниматься физикой, так как «почти все открыто».

§ 2.8. Современная физическая картина мира

Раньше было принято считать, что физика описывает Вселенную. Теперь мы знаем, что физика описывает лишь то, что мы можем сказать о Вселенной.

Нильс Бор

Общее понятие. «В конце XX – начале XXI века происходят новые радикальные изменения в основаниях науки. Эти изменения можно охарактеризовать как четвертую глобальную научную революцию, в ходе которой рождается новая, постнеклассическая наука» (В. С. Степин). Поэтому для современной физической картины мира довольно часто употребляется определительное – постнеклассическая физическая картина мира. А поскольку

в современной физической картине мира квантовые и релятивистские научные представления синтезированы и выступают в качестве опорных концепций, то с этой точки зрения ее можно характеризовать и рассматривать как квантово-релятивистскую.

Представление о современной физической картине мира и ее характеристиках – достаточно обобщенное знание и должно рассматриваться как целостная модель природы, которую наука в состоянии построить на данном уровне её развития. Описание может быть только качественным, на уровне общих идей, концепций, представлений и др.

Основные положения современной физической картины мира.

- *Многообразие и единство мира* представляет собой обладающую безграничным множеством свойств материю, неуничтожимую, существующую в разнообразных, взаимосвязанных и взаимопревращающихся формах: вещество, поле, физический вакуум. На всех уровнях ее организации действуют общие фундаментальные законы, содержание которых не изменяется с течением времени.

- *Материя* выступает в виде отдельных материальных объектов и их систем. Выделяют три основных структурных уровня материи, различающихся по образующим их структурным элементам, по пространственной протяженности, по преобладающим типам фундаментальных взаимодействий и характеру основных физических закономерностей: *микромир, макромир и мегамир.*

Пространственная протяжённость макромира от размеров больших молекул до размеров Солнечной системы, мегамира – за границами Солнечной системы.

- В природе выделены *четыре типа взаимодействий*: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое.

- Материи присуще непрерывное *движение* как неотъемлемый атрибут развития.

Виды движения многообразны (механическое, тепловое, электромагнитное, ядерное, взаимопревращение элементарных частиц). Они обладают своей спецификой и закономерностями (например, законы движения макротел неприменимы к движению микрочастиц); взаимопревращаемы (при одновременном сохранении ряда свойств, сторон и качественного своеобразия), но не сводимы друг к другу; влияют на свойства материальных объектов. Движение и материя неразделимы и неуничтожимы, что выражается в существовании законов сохранения массы, импульса, энергии, заряда и др.

- *Пространство и время* – формы существования материи, неотделимы от неё, связаны друг с другом. Пространственно-временные характеристики относительны (однородность пространства и времени, изотропность пространства, необратимость времени и др.).

В физической картине мира «время всегда было всего лишь меткой <...>, здесь возникает время, имеющее совершенно иной смысл – оно связано с эволюцией» (И. Пригожин, И. Стенгерс).

- Все явления мира *причинно обусловлены.*
- *Статистические закономерности* не просто равноправны с динамическими, но более фундаментальны.

- Материальный мир, как самоорганизующаяся система, существует и развивается независимо от нас. Мир непрерывно изменяется.

- Мир познаваем человеком. Мы познаем мир в единстве биполярных категорий: объективного и субъективного, изменения и сохранения, устойчивости и изменчивости, случайного и необходимого, конечного и бесконечного, прерывного и непрерывного и др.

На уровне гносеологии материальное единство мира проявляется в согласованности средств описания (принимая во внимание дополительность средств описания) (рис. 2.8.1.).



Рисунок. 2.8.1. Современная физическая картина мира

Развитие современной физической картины мира. Для современной физической картины мира характерно, что на первый план выходят новые мировоззренческие аспекты физики: универсальный или глобальный эволюционизм; синергетический подход, рассматривающий объекты как самоорганизующиеся системы и их связи; междисциплинарный метод познания; идеи возрастания гуманистического начала в науке; глобальные проблемы экологического знания; идеи холизма, трактующие мир как единое неразрывное бытие и другие идеи.

Современная физическая картина мира как модель природы уточняется. С годами к ней добавляются новые элементы, создаются и развиваются новые теории, выдвигаются новые гипотезы. К настоящему времени, очевидно, что квантовая теория открыла путь ко второму витку квантовой революции, в самом начале которой мы сегодня живем.

Например, ученые-физики впервые смогли проверить квантовую физику в межгалактических пределах, на межзвездных расстояниях. Они констатировали, что квантовая механика работает и на очень больших расстояниях, и в масштабах космоса. В дальнейшем ученые планируют использовать микроволновый фон Вселенной, своеобразное «эхо» Большого Взрыва, для проведения нового эксперимента. Они уверены, что предполагаемый успех покажет: «квантовая физика управляла жизнью всего мироздания с момента его рождения».

Другой пример. Австрийские и американские физики в 2020 году впервые смогли сфотографировать «твердый» квантовый объект, наночастицу из стекла, которая состоит из 100 млн атомов. Это достижение значительно расширяет границы действия законов квантовой механики.

Современная физическая картина мира отличается большой обобщенностью по сравнению с предыдущими картинами в протяженности исторического времени, в целом успешно объясняет многие явления и процессы, однако в природе остается неисчерпаемое количество явлений, а в науке достаточно вопросов, которые она объяснить не может. Например, проблемы, связанные с созданием единой теории элементарных частиц, единой теории поля и др.

«Если законы современной квантовой теории применять к явлениям в экстремальных условиях (весьма высокие энергии или очень малые расстояния), то иногда получаются либо неоднозначные результаты, либо результаты, вообще не имеющие физического смысла. В таких случаях, очевидно, достигнуты пределы применимости теории и необходимо её дальнейшее развитие» (П. Дирак).

Поэтому нельзя считать современную ФКМ завершенной, поскольку сложность мироздания всегда будет превосходить условность человеческих представлений о нем. Высказывание П. Дирака даже сегодня может оставаться целью и путеводной нитью для исследователей: «В физике следует стремиться к построению всеобъемлющей схемы описания природы в целом...».

§ 2.9. Понятие об общенаучной картине мира

Наш взгляд на мир в каждый данный момент неизбежно пропитан теорией. Однако это не мешает нам продвигаться ко все лучшим теориям.

К. Поппер

В XX веке на основании тех сведений о мире, которые были накоплены естественными и другими науками к этому времени, назрела необходимость создать некую общую картину научного мира, как ориентировку для человеческой деятельности.

Междисциплинарная интеграция и роль физики в общенаучной картине мира. Вспомним из истории науки, как изначально в классической научной картине мира физика как дисциплина с ее значительным теоретическим аппаратом, четкостью принципов и научностью представлений приоритетно задавала тон в классическом естествознании, а механизм влияния философии придавал научной картине мира заметную физическую окраску.

Если проанализировать виды картин мира, то очевидно, наиболее разработанной является физическая картина мира. Она идейно взаимосвязана с другими картинами мира. Но мир, как бесконечно сложная, развивающаяся действительность всегда значительно богаче, нежели чисто физические представления о нём. Немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике В. Гейзенберг отмечал: «В первую очередь надо сосредоточить свое внимание на расплывчатых границах физики со смежными сферами науки <...> в будущем, обсуждая очередное научное завоевание, мы, видимо, не всегда сможем без затруднения решать, идет ли здесь речь об успехе физики, теории информации или философии...».

Согласно такой идее общенаучная КМ должна в идеале отражать достижения различных дисциплин и соответствующих картин мира, которые формируют контуры нового взгляда на мир. Это условие представляет собой важнейшую основу построения такой структуры общенаучной картины мира, благодаря которой она будет характеризоваться максимально высокой степенью обобщенности и целостности, как результат междисциплинарного синтеза естествознания, философского, технического, мировоззренческого социально-гуманитарного и др. знаний, полученных в процессе исследований общества и природы (рис. 2.9.1.).

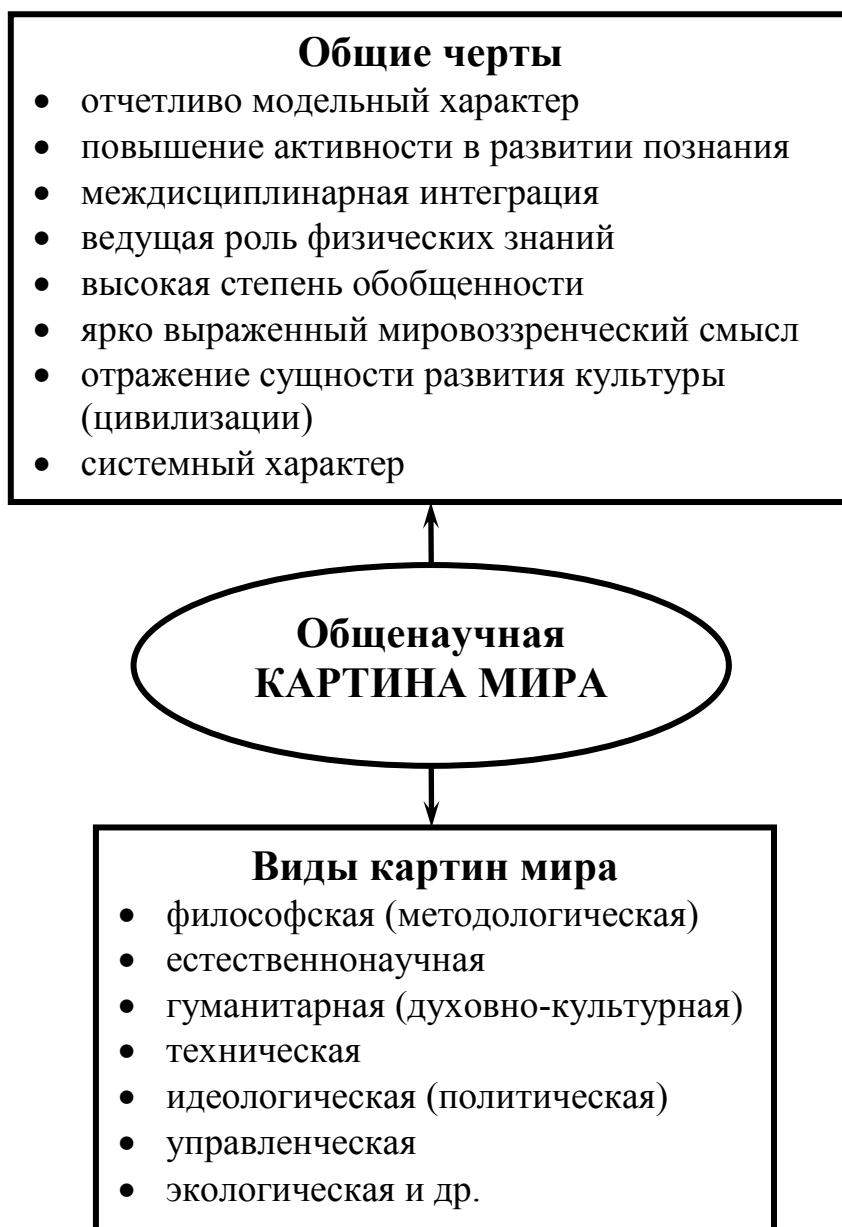


Рис. 2.9.1. Черты общенаучной картины мира

При этом **физика**, исследующая основополагающие структуры мироздания, традиционно воспринимается в качестве базиса такой картины мира. Очевидно, можно говорить об особой эпистемологической фундаментальности физики, а, следовательно, и физической картины мира. Фактическое использование на практике фундаментальных научных идей физической науки, отраженных в ФКМ, а также перенос методологических моделей, которые были выработаны и обоснованы на материале физики на области естественных, социальных и др. наук – только утверждают и подчеркивают роль этой научной дисциплины.

Например, представления об атомах, перенесённые из физики в общую научную картину мира и утвердившиеся в последней как общий принцип – принцип атомистического строения вещества, были использованы в биологии. А искусственные радиоактивные изотопы (меченые атомы) из научной области физики дают возможность проследить кинетику химических реакций и тем

самым исследовать обмен веществ в живых организмах. Или, утвердившиеся в общей картине мира квантовые представления о природе реальности (из ККМ), т.е. новое миропонимание, безусловно, наложило отпечаток на сферы разных наук. Специфические особенности химии (особая сила «химического сродства», валентность, периодический закон Менделеева) сегодня получают точное квантово-механическое обоснование, а если более точно, то выводится из ФКМ (квантовой физики) и, таким образом, приобретают глубокое общенаучное теоретическое обоснование. Еще пример. Радикальные сдвиги: открытие двойной спирали ДНК, молекулярная генетика, неравновесная термодинамика и синергетика – все это раскрывает глубокую физико-химическую основу биологии.

Поэтому логично рассматривать общую картину мира как форму научного знания, которая позволяет транслировать знания, идеи, законы представления, принципы, рожденные в одной науке (соответствующей частной картине мира) в качестве общенаучных знаний, в другие науки. По В.С. Степину подобная междисциплинарная интеграция неразрывно связана с эвристической ролью общенаучной картины мира и позволяет целенаправленно использовать знания, а также обеспечивать включение полученных в результате новых, наиболее фундаментальных результатов в общенаучную картину мира (высокая степень обобщения результатов).

Очевидно, предварительным гносеологическим условием согласования знаний различных областей является выделение общих оснований и методологических регулятивов; общность стиля мышления, функционирующего в науках; комплексный подход.

Так научно-физические мировоззренческие характеристики мышления являются доминирующими характеристиками современной культуры и мировой цивилизации, общей картины мира. Или, понимание непосредственной сферы человеческой жизнедеятельности (в тесной взаимосвязи с природой) как живого организма, а не как механической системы (на основе учения о биосфере выдающегося российского естествоиспытателя и мыслителя В.И. Вернадского), сегодня расценивается как научный принцип, обоснованный многочисленными теориями и фактами. Такие представления выступают важнейшим компонентом современной общей картины мира.

Синтез представлений. Только интеграционные знания наук могут привести к ожидаемому результату. Так формируется общая система представлений о мире, природе, человеке, его научной, природной и социальной жизни, производственно-технической и др. деятельности. Содержание такой картины мира, бесспорно, отражает сущность развития культуры (цивилизации) в целом и содержит ярко выраженный мировоззренческий смысл. По мнению В. Ф. Черноволенко, картина мира – «такой горизонт систематизации знаний», где происходит «теоретический синтез» результатов исследования науки со знаниями мировоззренческого характера, представляющими собой целостное обобщение совокупного практического и познавательного физического опыта человечества.

В учении выдающегося педагога, основоположника научной педагогики в России, К. Д. Ушинского целостная картина мира трактуется как «ментальная модель мира», которая хранится в духовной памяти народа, его сознании и культуре, как системное представление о пространственно-временном существовании мира и человека в нем, его бесконечности и движущих силах развития.

Стремление к идеалу. Всегда наука была нацелена на построение единой картины мира как образно-понятийной модели мироздания. Этот вопрос считался, и остается одной из полемичных проблем. Причина в том, что существует множество точек зрения на природу картины мира, на достижение ее целостности из-за свойств и связей, которые постоянно пересматриваются и нередко коренным образом. В истории науки можно найти немало примеров таких периодов, когда между различными науками существовали довольно жёсткие разграничительные линии. Например, «флогистонная» картина химических процессов плохо согласовывалась с физикой XVII–XVIII веков; дарвиновская картина биологической реальности была построена на эволюционных идеях, а в то же время в физике (почти до конца XX века) господствовала неэволюционная парадигма.

Интересный анализ-оценка дается И. Пригожиным и И. Стенгерс. Они считают, что степень принципиальных изменений, происходящих в новейшее время в науке, дает основание полагать, что «мы <...> находимся на пути к <...> новой концепции природы». Когда специалисты заявляют: «...мы усматриваем свое предназначение <...> в том, чтобы в необычайном разнообразии современных естественных наук попытаться найти путеводную нить, ведущую к какой-то единой картине мира», получается, что они уверены в возможности построения общей картины мира. С другой стороны, наличие мнения о том, что «мы живем в плюралистическом мире» и содержательное многообразие картин мира нивелирует идею единого описания реальности (Г. Николис, И. Пригожин), ставят под вопрос возможность построения одного целостного описания мира. Вопрос о том, насколько правомерен поиск некоей единой картины мира, на сегодня остается открытым.

Конечно, в целом будет правильно рассматривать общую научную картину мира как многомерное явление, как многоплановую, многоаспектную и многокачественную модель реальности с интегральным видением реальной действительности. В такой картине мира отражается состояние науки в XXI столетии (возможности понимания окружающего мира учеными, работающими в различных науках), характеризуется уровень коллективного сознания, движение истории, культуры, развитие общества, совокупный практический и познавательный опыт человечества.

Стремление к подобному идеалу всегда поддерживалось выдающимися учёными и находило отражение в ряде прогрессивных научных идей.

Общая картина мира и человек. С одной стороны, в науке общая картина мира как гносеологический образ природы и общества, мира в целом, существует как *обобщение-интерпретация человеком* – учеными и исследователями разных наук совокупного практического и познавательного

опыта человечества с максимально широкой степенью систематизации знаний и опыта (мировоззрения). Смысл, заложенный в само понятие «картина мира» указывает на отнесенность наших знаний к объекту – миру в целом, и свидетельствует об относительности человеческого знания. Справедливы слова великого физика М. Планка: «...картина мира, хотя она ещё сверкает различными красками в зависимости от личности исследователя, всё же содержит в себе некоторые черты, которых больше не изгладит никакая революция ни в природе, ни в мире человеческой мысли. Этот постоянный элемент, не зависящий ни от какой человеческой и даже ни от какой вообще мыслящей индивидуальности, и составляет то, что мы называем реальностью».

С другой стороны, каждый человек непрестанно строит модель окружающего мира, и только на основе собственного опыта понимания этого мира способен к осмысленным формам взаимодействия с другими людьми и самим собой. Как подчеркивал известный немецкий философ К. Ясперс, ФКМ это «совокупность предметного содержания, которым обладает человек». Это личное, присущее лишь внутреннему миру человека мироощущение с системой собственных образов, символов и личных жизненных устоев в повседневной жизни, ориентирующее в выборе жизненных целей, перспектив своей деятельности в этом мире. Такое мировосприятие позволяет оценить научные представления об окружающей природной и социальной среде, важность тех или иных технических, или научных достижений и является необходимым элементом современного мышления, выполняющим функцию ориентации в окружающем мире.

Вопросы к главе 2

1. Что выражает понятие «физическая картина мира»? Ее отличие от физического знания. 2. Какие физические картины мира вы знаете? По какому принципу они связаны между собой? 3. Перечислите общие базовые понятия для каждой физической картины мира. 4. Когда и благодаря идеям какого великого ученого сформировалась первая физическая картина мира и как она называлась? 5. Каковы исходные идеи статистической картины мира? 6. Чем отличалась электромагнитная картина мира в понимании материи? 7. Какие основные идеи, понятия и теории определяли содержание квантово-релятивистской картины мира? 8. Поясните суть концепции корпускулярно-волнового дуализма. 9. Какое еще название имеет современная физическая картина мира, почему? В какое время она формировалась? 10. Перечислите элементы структурного строения материи в современной физической картине мира. 11. Какую роль выполняет физическая картина мира в развитии науки и общества в целом? 12. Каковы главные особенности мировоззренческой функции физической картины мира? 13. Как происходит смена физических картин мира? 14. По какому принципу связаны знания разных наук в общенаучной картине мира?

Глава 3. Элементы методики изучения физической картины мира

§ 3.1. Физическая картина мира в школьном курсе физики

Разум растет у людей в соответствии с миром познанием.

Эмпедокл

ФКМ в обучении. Закон РФ «Об образовании» заостряет внимание на том, что содержание образования должно обеспечить в сознании учащихся формирование картины мира, адекватное современному уровню знаний и ступени обучения.

В целом рассмотрение в школьном курсе обобщений физической картины мира нельзя считать удовлетворительным. Раньше этот вопрос (пусть даже не совершенно) в учебниках ставился, сейчас фактически нет. В последнее десятилетие даже формальное изложение ФКМ (один параграф в конце курса) исключено из учебников. Также экспериментально четко фиксируется, что типичной ошибкой в школьной практике (да и за ее пределами тоже) является отождествление в сознании мира природы с миром науки.

Сейчас теорией и практикой признано, что пока нет удовлетворительного решения этой методической проблемы. Причин много. Основные объективные факторы: качество учебников и подготовки будущих учителей физики, отсутствие единых подходов к определению структуры подобного курса и пр. Типичные субъективные причины: трудности выбора оптимальных форм, средств и методов, условий обучения и др.

Одна из основных причин – отсутствие конкретной, эффективной со всех точек зрения, методики изучения ФКМ. Попытки её разработки не устраивают практику физического образования, хотя и сама практика дает мало образцов хоть какого-либо внимания к этой методической проблеме.

Но задача не потеряла актуальности. Для уроков физики построение ФКМ и формирование с ее помощью научно-мировоззренческих взглядов на единство физической природы, материального мира – важный показатель эффективности обучения. Спектр вопросов, которые охватывает ФКМ, является хорошим средством систематизации физических знаний, умений и навыков. В процессе обучения необходимо показать роль, значение и широкие познавательные возможности физической картины мира, показать жизнь общества и развитие его технико-технологических ресурсов. *В зависимости от целей обучения* можно построить разные по составу и содержанию, а также по степени подробности описания картины мира.

Из вышесказанного следует, что освоение физической картины мира, т. е. усвоение содержания и основных смыслов этого понятия в образовательных

учреждениях представляется востребованным и рациональным. Многие известные педагоги, такие как Э.И. Монозон, В.Г. Разумовский, А.В. Усова, считали, что в основе преподавания физики должно лежать формирование мировоззрения именно посредством представлений о физической картине мира. Другие авторы (В.В. Мултановский, В.Н. Мощанский) добавляли, что в обучении физическая картина мира должна быть осознана (и рассматриваться) как физическая модель природы, включающую в себя общие принципы, гипотезы и понятия физики, соответствующие определенному историческому этапу ее развития.

В качестве примера отметим рассмотрение идей современной физической картины мира в учебнике по физике под редакцией В. Г. Разумовского и В.А. Орлова для учащихся старших классов общеобразовательных учреждений в специальной главе «Фундаментальные обобщения физики». Этот материал задает рамки содержания вопроса, отчасти обозначает методы и приемы организации учения.

Для понимания физики, однозначно, надо иметь представление об общем видении мира этой наукой, т.е. возможности обеспечить построение физической картины мира. Великий физик XX века А. Эйнштейн писал: «Человек стремится каким-то адекватным способом создать себе простую и ясную картину мира. <...> На эту картину мира и её оформление человек переносит центр тяжести своей духовной жизни, чтобы в ней обрести покой и уверенность, которые он не может обрести в слишком тесном головокружительном круговороте собственной жизни <...> Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных закономерностей, из которых <...> можно построить картину мира». Лучше о значении физической картины мира не скажешь.

Поэтому, для целей обучения чрезвычайно важным интеллектуальным инструментом является такое теоретическое обобщение как физическая картина мира, *методическая ценность* которого обусловлена широкой формой систематизации знаний и опыта – мировоззрением.

Выделим **методические особенности** изучения элементов физической картины мира в следующих аспектах:

- Важнейшим является *научно-методологический уровень* знаний, куда относятся фундаментальные представления о материи, пространстве и времени, движении и взаимодействии.

- В познании мира природы в науке помимо фундаментальных знаний, возникают новые методы, создаются новые средства познания (языковые средства представления знаний, модели, гипотезы, эмпирические и научные факты, измерения и пр.), рождаются понятия. С помощью подобных инструментов познания достигается объективное описание действительности, на базисе которого затем создается физическая картина мира.

Отражение такого аспекта в методике изучения физической картины мира позволяет раскрыть *основы теории познания* – внутреннюю логику изучаемой темы. Что определяет знание, какие методы и средства? как задается познание? как формируются и развиваются важнейшие компоненты структуры познания,

соответствующие научные понятия и понятийный язык? как строятся и реализуются процедуры измерения? как задается и осваивается научный метод и другие методы познания? почему важны границы применимости знаний и каковы их характеристики? и пр.

- Важным является описание основных положений или элементов *фундаментальных физических* теорий, научных идей, основополагающих физических законов и принципов, выражающие взаимосвязи между физическими теориями.

- Методически обусловленным и необходимым аспектом является формирование представлений о разноплановой содержательной стороне ФКМ в процессе развития. Необходимым образовательным знанием остается дифференциация представлений о физическом мире *по исторически обусловленному теоретическому наполнению* (ФКМ в разные исторические периоды).

В наиболее общем виде должны входить общие закономерности развития физики (социально-культурная обусловленность возникновения физического знания и периоды эволюционного и революционного развития).

- В образовательных целях в содержании ФКМ помимо фундаментального знания должно быть отражено *прикладное знание*.

- Элементы методики изучения ФКМ включают и *чувственно-образный уровень знаний*. Например: планетарная модель атома, Метагалактика в виде расширяющейся сферы, электронное «облако» над разогретым катодом в электронной лампе, силовые «линии» различных полей, векторы сил и другие.

Система знаний физической картины мира – это не просто систематизация знаний в конце изучения физики. Это мировоззренческое знание, которое больше и полнее, чем каждая теория в отдельности. Обобщенные знания, которые дает ФКМ, играют роли методологических ориентировок учебной деятельности, позволяют осознанно относиться к изучаемым системам знаний, способствуют эффективному формированию физического мышления.

В курсе физики для целостной организации обобщений в форме ФКМ рационально подготовить следующую *серию уроков* по мировоззренческим обобщениям в школьном курсе физики:

VII класс:

Физические объекты и их модели

Физические величины

Математика как язык физики

VIII класс:

Физические явления и их модели

Физические законы

IX класс:

Физическая картина мира

Мир природы и мир науки

Экспериментальный метод познания

X класс:

Механическая картина мира
Статистическая картина мира
Методы познания в физике

XI класс:

Электромагнитная картина мира
Квантовая картина мира
Современная ФКМ
Физика и практическая деятельность человека.

В целом при построении методики изучения отдельных вопросов школьного курса физики следует учитывать фундаментальные идеи той или иной картины мира. В методике обучения содержание комплекса знаний ФКМ – это эффективный *инструмент познания* под углом зрения целей обучения, в частности учебного познания, для рационального отбора фактов для изучения, для интерпретации частных законов и др. Именно физическая картина мира дает методологическое направление, как при отборе содержания материала, так и выборе приемов и методов при обучении. Отсюда дидактическое значение такого знания. Ниже предлагается возможное содержание для построения некоторых уроков.

§ 3.2. Физический мир и его познание

То, что мы знаем, это капля, а то, что мы не знаем, это океан.

Исаак Ньютон

Физический мир. На вопрос, что же такое физика, сами физики нередко отвечают: «Это почти всё в этом мире». Как понимать эту мысль? Так А. Эйнштейн «высшей задачей физики» считал «открытие наиболее общих элементарных законов, из которых можно было бы логически вывести картину мира». Дж. Максвелл ощущал, что «основная философская ценность физики в том, что она даёт мозгу нечто определённое, на что можно положиться».

Содержание физики, безусловно, охватывает гораздо более обширный спектр вопросов, чем изложено в следующей подборке высказываний:

- Физика – это единый естественнонаучный взгляд на мир.
- Физика – наука, изучающая природу. Если природа – все, значит, физика призвана вместить в себя все прочие науки.
- Физика – наука, занимающаяся изучением простейших и вместе с тем наиболее общих свойств окружающего нас материального мира.
- Физика – это система представлений о строении мира, материи и сущности её движения.

- Физика – это знание о конкретных формах материи – веществе и поле; знание законов изменения их состояний.

- Физика – это умение оперировать с количественными понятиями; умение использовать математический язык при нахождении связей между явлениями.

- Физика – это наука, формирующая мировоззрение.

- Физика – основа научно-технического прогресса, т.е. она дает теоретические основы создания новых отраслей производства, поиска новых источников энергии, разработки новых материалов, механизмов, технологий...

Содержательная ценность физики и сейчас постоянно меняется по мере того, как человечество движется вперед и делает всё новые открытия. И она остается бесспорной движущей силой цивилизации.

Область физического познания. Объекты и явления физического мира. В мире существует многообразие материальных образований – от элементарных частиц до галактик. В каждом из структурных уровней материи – мегамире, макромире и микромире, которые сильно различаются между собой по пространственной протяженности, действуют свои специфические закономерности, есть свои типичные физические объекты и явления

Так *макромир* – мир относительно стабильных форм и привычных соразмерных человеку величин. В макромире проходит жизнь человека, здесь его окружают знакомые физические объекты и физические явления. Например, любые механические движения тел от камешка до сейсмических волн в океане, движение и излучение небесных тел Солнечной системы (макрополя).

По мере развития науки изучение физического мира постоянно углублялось, происходило расширение границ познания: в него входили новые открываемые области пространства со своими объектами и явлениями.

Мегамир – мир за пределами Солнечной системы. Основные структурные элементы материи, его физические объекты: звездные комплексы, межзвёздная материя, галактики, метагалактики, пульсары, квазары, чёрные дыры, тёмная материя, тёмная энергия... В таком мире непостижимо огромных космических масштабов и скоростей происходят специфические явления: расширение Вселенной, движение и столкновение галактик, рождение звезд...

Уже исторически подтверждено, что может быть и радикальное изменение области познания физического мира – открытие новых миров. Так в начале XX века ученые открыли микромир.

Микромир – это молекулы, атомы, элементарные частицы – мир предельно малых, непосредственно не наблюдаемых микрообъектов, со своими особенными явлениями: взаимопревращаемость частиц, явление радиоактивности и др. На самом глубинном микроуровне пока ничего кроме элементарных частиц не обнаружено.

Систематизировать знания об уровнях структурной организации материи окружающего нас физического мира важно (табл. 3.2.1.).

Табл. 3.2.1. Структурная организация материи

Область пространства, м	Типичные объекты	Типичные явления	Области знания
Мегамир $> 10^{13}$	<ul style="list-style-type: none"> •Галактики. •Метагалактики. •Гравитационные и электромагнитные поля 	<ul style="list-style-type: none"> •Механическое движение. •Распространение электромагнитных волн 	<ul style="list-style-type: none"> •Астрофизика. •Общая теория относительности
Макромир $10^{-8} - 10^{13}$	<p>Несколько групп довольно разных объектов:</p> <ul style="list-style-type: none"> •звезды, планеты; •тела и макроскопические частицы; •молекулы, атомы; •электромагнитное поле 	<ul style="list-style-type: none"> •Механическое движение. •Превращения жидкостей, газов, твердых тел. •Взаимодействие тел. •Электрический ток, свет, радиоволны 	<ul style="list-style-type: none"> •Механика. •Молекулярная физика. •Электродинамика. •Оптика •Радиотехника, электротехника
Микромир $< 10^{-8}$	<ul style="list-style-type: none"> •Элементарные частицы. •Атомы. •Ядра атомов 	<ul style="list-style-type: none"> •Движение и взаимодействие элементарных частиц. •Ядерные реакции 	<ul style="list-style-type: none"> •Квантовая физика. •Физика элементарных частиц

Все структурные уровни, составляющие область физического познания, теснейшим образом взаимосвязаны.

Явления физического мира и их причинная взаимозависимость. Причиной всех физических явлений является *движение и взаимодействие* объектов.

Можно выделить: явления, выраженные в явном перемещении объектов в пространстве, например, механическое движение тела; явления, выраженные в изменении параметров системы, например, при нагревании газа изменяется температура, может измениться давление.

Разные объекты, разные их начальные состояния, разные их взаимодействия приводят к бесконечному богатству физических явлений. Так, свободное падение тела может выражаться в движении вниз и вверх по прямой, в движении по окружности на орбите около Земли. В молекулярной физике, например, газ в целом и не перемещается, но частицы газа сложным образом движутся. Движение и взаимодействие частиц газа – причина известных свойств газа (расширение газа, давление и пр.).

Выходит, *причинная взаимозависимость явлений* – наиболее общая закономерность существования материального мира. Поэтому важной *задачей обучения* является рассмотрение причинной взаимосвязи явлений, где причина и следствие являются элементами взаимодействия (например, превращение разных видов энергии при взаимодействии).

На вопрос о причине гравитационных и электромагнитных явлений, надо указать силу, действие которой привело к изменению в состоянии механической или электромагнитной системы (если понятие силы не применимо или ограничено, то причиной выступает само взаимодействие).

Причиной выхода электрона с поверхности металла может выступать поглощение фотона, а причиной агрегатных превращений – явление теплопередачи. В обучении принципиально важно понять явление, а это значит познать его причину, показать взаимодействия, вызывающие данное явление.

Причинность всегда рассматривают только как частный случай взаимосвязи физических явлений. Многообразие связей, существующих в мире физических явлений, нацеливает ученика на осознание единства мира, любой материальной системы, бесчисленного множества связей данной системы с другими.

Познаваемость мира, средства и методы познания. Значение физики в том, что она включает в себя и результат знания, и сам процесс научного познания. Эйнштейн всегда на протяжении жизни не переставал удивляться, что мир познаваем. А лауреат Нобелевской премии по физике Лев Ландау был глубоко убежден, что человек может познать даже то, что ему не под силу себе представить.

Если разные науки, вполне очевидно, обладают своими специфическими методами и средствами познания, то процесс познания в физике начинается либо с наблюдения в естественных условиях и теоретического осмысления наблюдаемых объектов и явлений, либо рефлексия специально проведенных экспериментов. Например, газ гелий на Солнце был впервые открыт в результате наблюдения спектров короны Солнца.

Познание в физике все время поступательно развивается. Можно выделить следующие характеристики и некоторые закономерности этого развития: рост объема знаний, создание новых и изменение старых систем знаний; усиление ведущей роли теоретического знания; стремительное развитие прикладного физического знания; утверждение абсолютного и относительного характера любого знания, отражение модельного характера физического знания, границ применимости; возрастание влияния научного знания на практику.

Логика научного познания физического мира предложена в *обучении физике* В.Г. Разумовским в виде схемы с четкими этапами: «факты – модель – следствие – эксперимент». На материале каждой темы школьного курса физики надо расшифровать выделенные этапы познания. Упор делается на формирование устойчивых универсальных учебных действий, прежде всего в форме моделирования и экспериментирования.

Из методов познания выделим суть и значение *моделирования*, которое в физике имеет достаточно конкретные формы. После построения, модель изучается (исследуется), рассматривается область ее применимости (границы применимости), в деятельности обязательно учитывается «различение реальности и описаний». Последний этап – достаточно важный и принципиально обязательный пункт изучения модели. Он помогает избежать

многих затруднений моделирования как закономерности процесса познания, но по разным объективным и субъективным причинам пока слабо реализуемый в современном обучении.

С какими **фундаментальными моделями объектов** приходится встречаться в обучении физике?

- В механике для описания движения тела изучаются следующие модели: материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело.

- В молекулярной физике для газа используется модель «идеальный газ» в виде хаотического движения материальных точек, для тела – кристаллическая решетка, в термодинамике для всех объектов – понятие «термодинамическая система».

- В электродинамике основными являются следующие модели: точечный заряд, однородное электрическое поле, свободные гармонические колебания, гармоническая электромагнитная волна, световой луч.

- В квантовой физике для описания явлений микромира широко применяют следующие модели: модели атома (Томсона, Резерфорда, Бора), протонно-нейтронная модель ядра, капельная модель атомного ядра, кварковая модель адронов. Следуя корпускулярно-волновому дуализму, современная интерпретация свойств электрона такова: в некоторых взаимодействиях его моделируем материальной точкой, а в других – гармонической волной.

Модели, особенно математические, позволяют получить многочисленные следствия. Например, вся электротехника и радиотехника основывается на четырех уравнениях Максвелла.

Фундаментальные принципы современной физики. При формировании ФКМ выделяются наиболее существенные связи физических объектов и явлений, выделенные и зафиксированные из бесконечного многообразия реального мира в виде принципов. Назовем основные принципы:

- **Принцип относительности.** Описание одного и того же явления возможно в разной системе отсчета, что приводит к особенностям. Например, преобразования Лоренца для электрических и магнитных полей. В инерциальных системах отсчета физические явления протекают одинаково, т.е. и описываются законами одинаково.

- **Принцип близкодействия.** Взаимодействие физических объектов на расстоянии осуществляется с помощью полей. В мире элементарных частиц взаимодействие двух частиц на расстоянии осуществляется с помощью третьей частицы – кванта поля. Отсюда скорость физических взаимодействий ограничена скоростью света.

Гениальным И. Ньютоном был предложен первый механизм взаимодействия: на расстоянии два тела взаимодействуют мгновенно без посредников. Эта модель взаимодействия хорошо показала себя в механике, но оказалась грубой и в итоге неверной в электродинамике.

- **Принцип причинности.** Состояние материального объекта или явления в настоящий момент зависит от его состояния в прошлом, а состояние

в будущем – от настоящего. Например, в обучении физике видим зависимость координаты и скорости от начальных условий; $ma = F$, т.е. внешнее действие является причиной ускоренного движения тела.

- **Принцип неопределенности и принцип дополнительности.** Первый был открыт В. Гейзенбергом, второй – Н. Бором. В микромире невозможно одновременно одинаково точно измерить некоторые физические величины. Принципу дополнительности Н. Бор дал следующую формулировку: «понятия частицы и волны дополняют друг друга и в то же время противоречат друг другу, они являются дополняющими картинами происходящего». Невозможно в одном эксперименте обнаружить волновые и корпускулярные свойства материи. Так в мире физики для описания свойств объектов стали использовать дополняющие друг друга модели.

- **Принцип соответствия.** Старые системы знаний не отменяются с появлением новых знаний. Любая новая научная теория чаще всего включает старую теорию, и ее результаты как частный случай. В физике этот принцип был сформулирован Н. Бором. Суть его в том, что, например, для макротел квантовые вычисления должны согласовываться с привлечением языка классической механики. Поскольку постоянная Планка ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с) является чрезвычайно малой величиной по сравнению с действием объектов при макроскопическом движении, то в макромире квантовая механика переходит в классическую механику.

Если для объекта можно считать $h \rightarrow 0$, то длина волны $\lambda = \frac{h}{p} \rightarrow 0$, а это

значит, что волновые представления для данного объекта не применимы; изменение энергии $E = h\nu = 0$. Значит – энергия физической системы изменяется непрерывно, что соответствует классическим представлениям.

Так уравнения специальной теории относительности переходят в уравнения классической механики при условии движения тела с малыми скоростями, т.е. при условии $v \ll c$. Например, закон сложения скоростей в СТО

$v = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$ переходит в закон сложения скоростей Галилея $v \approx v_1 + v$.

В принципах физики представлены ведущие физические идеи, регулирующие отношения между фундаментальными физическими теориями. Последние дают понимание всего предметного мира.

§ 3.3. Физическая картина мира в ее развитии

Ясно, что хотя очень многое уже известно – не стоит пока благодушно тешить себя надеждой на то, что картины мироздания, рисующиеся нам сейчас, не будут однажды перечеркнуты с появлением более глубоких теоретических построений.

Роджер Пенроуз

Степень разработанности физики в свое время была настолько велика, что она первой из естественных наук могла создать собственную физическую картину мира. Исторически модель физического мира периодически менялась.

Были построены: механическая, статистическая (молекулярно-кинетическая), электромагнитная (электродинамическая), квантовая (квантово-релятивистская) и как итог – современная физическая картина мира (рис. 3.3.1.).



Рис. 3.3.1. Развитие физической картины мира

Каждое изменение картины мира – весьма значимое научное и общественное явление, которое называют научной революцией.

Физическая картина мира как самостоятельный вид знания в физике. Оценивая роль и значение любой ФКМ, очевидно, что ее недостаточно рассматривать только в качестве итога физического знания. В каждой картине строится целостная научно-мировоззренческая точка зрения на природу, принятая учеными на определенном этапе развития физики (система понятий, принципов, гипотез, моделей, фактов, методов).

Физическая картина мира непрерывно развивается во времени, эволюционирует, как и все мироздание. Поэтому служит основой для определения, а при необходимости изменения или расширения, границ применимости старых теорий и построения новых; открывает новое видение физической реальности. Например, смена представлений о главнейшем понятии

ФКМ – «материя» (от атомистических, корпускулярных представлений к полевым – континуальным, которые позднее тоже были заменены современными квантовыми представлениями), неизменно выводила на решение важнейших проблем физической науки.

В сменяющихся в физике картинах мира что-то устаревало, теряло свою значимость, но важное сохранялось, не утратив своей фундаментальности до сих пор. Между старой и новой системой представлений об исследуемой реальности всегда существовала определённая преемственность. Например, в современной физической картине мира значительно расширились представления о типологии физических объектов, но представления о том, что существуют особые агрегатные состояния вещества, сохранились и на современном этапе.

Как образно писал профессор И.В. Курчатов: «наука и знания переступают пороги столетий».

Историческое развитие и преемственность знаний ФКМ. В школьном обучении необходимо формировать целостный взгляд на эволюционное развитие познания мира природы физической наукой, на преемственность физических знаний. Важно и нужно показать *физическую картину мира в развитии*. А для этого – заложить такие идеи *в методiku*. Упорядоченное таким образом физическое знание больше и полнее, чем каждая теория в отдельности.

- **Механическая картина мира**, построенная во времена Г. Галилея и И. Ньютона, оказала огромное влияние на всю духовную жизнь XVII–XIX вв., просуществовала более двух столетий при полной уверенности ученых, что она в принципе может дать объяснение любому явлению природы, исходя из простых и наглядных механических моделей.

Значение. Актуальность. Положения МКМ привнесли много нового в научное познание мира, до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и являются составной частью современной научной картины мира: механическая концепция не теряет своей значимости благодаря объективному существованию вещественной формы материи (на макроуровне и мегауровне ее организации) и тому, что принципы классической механики описывают все виды механического движения тел со скоростями, значительно меньшими скорости распространения света в вакууме ($\ll 300$ тыс. км/с); экспериментальный метод исследования природы занял ведущее место взамен созерцательного; широкое распространение получили методы идеализации (метод абстрактных моделей) для описания реальных объектов и явлений природы (например, материальная точка, твердое тело и т.д.) и математизации научного знания; сохранили до сих пор свое место ряд положений и установок: лапласовское понимание детерминизма, стремление свести качественное многообразие структуры мироздания к одному виду реальности – физическому.

Многие виды техники, авиация, космические аппараты разрабатываются и рассчитываются на основе законов механики.

Противоречия. Постепенно к концу XVIII века физиками накапливаются эмпирические факты, противоречащие положениям МКМ. Например, открыты

электрический заряд, электромагнитное поле – явления, описание которых не укладывалось в рамки классической механики. При рассмотрении системы материальных точек, полностью соответствовавшей корпускулярным представлениям о материи, пришлось ввести понятие сплошной среды, связанное по сути дела с представлениями о непрерывности материи и делении ее до бесконечности. А для объяснения световых явлений было введено понятие эфира. В XIX веке при распространении принципов механики на область тепловых явлений, электричества и магнетизма приходилось устанавливать все новые допущения (понятия теплорода, электрической и магнитной жидкости как особых разновидностей сплошной материи), а опытные факты подгонять под МКМ. Старания построить атомистическую модель эфира не прекращались и в XX веке.

Очень трудно было отказаться от привычных механических представлений и изменить общие представления о природе, хотя в начале второй половины XIX возникли предпосылки и уже сложились условия для построения новой научной картины мира (новые для того времени понятия энергии и поля).

- Значение следующей, **статистической (молекулярно-кинетической) картины мира**, зародившейся в рамках механической картины мира, состояло в том, что механическую задачу о движении большого числа частиц практически решить было нельзя, поскольку свойства систем многих частиц носят принципиально другой – статистический характер и должны решаться совершенно новыми статистическими методами. Статистика утвердилась в физическом познании, и ее идеи до сих пор остаются в современной ФКМ, широко используются в физике.

- **Электромагнитная (электродинамическая) картина мира** зародилась в последние десятилетия XIX века.

Значение. Актуальность. Ее вклад в современную картину мира состоит в следующем: *электромагнитная концепция* не теряет своей значимости благодаря объективному существованию специфически движущегося электромагнитного поля (и других видов физических полей) для обеспечения бесконтактного взаимодействия вещественных объектов; теория электромагнитных явлений Дж. Максвелла и М. Фарадея, электронная теория Лоренца, обусловили качественно новый скачок в развитии техники (электричество, электротехника, электроника и т.д.); принимая законы электродинамики в качестве основных законов физической реальности, общая и специальная теория относительности (ОТО и СТО) А. Эйнштейна расширила, углубила представления о пространстве, времени, материи, движении, взаимодействии; введенная в электромагнитную картину мира идея относительности пространства и времени устранила противоречие между пониманием материи как определенного вида поля и ньютоновскими представлениями о пространстве и времени, поэтому остается актуальной до сих пор.

Многие её понятия и элементы сохранились: понятие физического поля, электромагнитная природа сил, отвечающих за различные явления в веществе

(но не в самих атомах), ядерная модель атома, дуализм (двойственность) корпускулярных и волновых свойств материи и др.

Противоречия. К концу XIX – началу XX века в научной среде сложилась ошибочная уверенность о создании завершенной и в целом идеальной картины мира. Несмотря на то, что в новой картине мира было достигнуто более глубокое понимание единства и многообразия явлений мира, не удалось решить ряд принципиальных трудностей (проблема эфира и др.); проблемы теоретического описания некоторых процессов и явлений (излучения и поглощения энергии нагретыми телами, сложное строение атомов и атомных ядер химических элементов, связи заряда и поля, движение элементарных частиц, место и роль человека во Вселенной и др.).

• Уже в начале XX века возникло несоответствие между электромагнитной (электродинамической) картиной мира и новыми открытиями физики, которое привело к построению **квантово-релятивистской картины мира**. Ее основателями принято считать А. Эйнштейна, Н. Бора, М. Планка, Э. Резерфорда, В. Гейзенберга, Э. Шредингера, Луи де Бройля и других.

На смену представлениям о неизменности материи, приходило новое знание в виде квантово-полевых представлений об устройстве, движении и взаимодействии микрообъектов (квантовой механики и квантовой электродинамики) и релятивистских представлений о материи и ее движении, которые формировались под влиянием научной теории относительности А. Эйнштейна. Знания, новые в то время, сейчас прочно утвердили свое место в современной физической картине мира.

Эйнштейн своими идеями сумел обобщить и структурировать знания физики, «тем самым придать картине мира единство, превосходящее всё что можно было ожидать» (Н. Бор).

Значение. Актуальность. Открытие квантовой механики подарило человечеству большинство технологий, которыми запомнился XX век.

Положения ККМ сохраняют свою научную актуальность и не теряют своей значимости в современной физической картине мира, благодаря:

– СТО и ОТО, которые можно считать великими открытиями XX века. Теория относительности коренным образом изменила взгляды на пространство, время и материю: относительны не только все измерения в пространстве и времени, но и сама структура пространства-времени, которая определяется распределением вещества во Вселенной;

– релятивистским представлениям, распространяющимся на любые скорости движения вещества (до скорости распространения света в вакууме – 300 тыс. км/с), зависящие от близости тяготеющих масс, выбора систем отсчета; отражающие существование принципа инвариантности скорости света и пространственно-временного интервала; утвердившие связь пространственно-временных свойств объектов материи с их массой (микрообъектов и объектов мегамира;

– квантовым представлениям, уже не ограниченным рамками макро- и мегауровня организации вещества, а отражающим объективное

существование микромира и физического вакуума; описывающим только вероятность наступления какого-либо события в отличие от абсолютно достоверного утверждения;

– допущениям, в которых впервые было учтено существование человека (как закономерный результат эволюции Вселенной) и его роль как наблюдателя.

Квантовая картина мира не исключает применимость ряда теорий из предыдущих ФКМ. Например, в рамках ККМ релятивистская механика Эйнштейна не отрицает механики Ньютона (классической механики, со временем границы применимости последней были ограничены макромиром и мегамиром, а также скоростями, намного меньшими скорости распространения света в вакууме).

Хотя общая теория относительности Эйнштейна может объяснить массу астрофизических феноменов, тем не менее, некоторые аспекты свойств Вселенной она объяснить не может и их существование остается загадкой. В частности, ОТО не может объяснить неравномерность распределения в пространстве галактик и темной материи.

• Положения квантовой теории уже в наши дни в рамках *современной физической картины мира* стремительно дополняются (уточняются экспериментально...). Формирование содержания физического знания для построения следующей физической картины мира продолжается.

ФКМ как ресурс интерпретации новых идей и знаний. С полным основанием можно утверждать, что каждая физическая картина мира в свое время служила (и будет служить) для науки средством объяснения физических теорий и тех эмпирических фактов, для объяснения которых теории еще не построены.

Вот как подчеркивали эту роль физической картины мира великие ученые:

• Лауреат Нобелевской премии по физике Филип Андерсон: «физика элементарных частиц и, в частности, редукционистские подходы, обладают лишь ограниченной возможностью объяснять устройство мироздания».

• П. Дирак, один из создателей квантовой механики: «основы квантовой механики ещё не установлены».

• Американский физик-теоретик Р. Фейнман: «Мы просто обязаны, мы вынуждены распространять все то, что мы уже знаем, на как можно более широкие области, за пределы уже постигнутого <...> Это единственный путь прогресса. Хотя этот путь неясен, только на нем наука оказывается плодотворной».

Так механическая картина объясняла явления, которые выходили за пределы возможностей механики как теории. В электродинамической картине мира ни одной электродинамической теории не удавалось последовательное рассмотрение электрического заряда как вторичного образования по отношению к полю, однако на основе электродинамической картины мира принималось, что заряд есть сингулярность (особая точка) поля.

Таким образом, подчеркнем значимость каждой из ФКМ для стимуляции поисков новых научных открытий, путей построения новых теорий, способных

дать более строгое объяснение явлений в дальнейшем. На каждом будущем этапе развития физической науки должны и обязательно будут рождаться совершенно новые законы, концепции и обобщения, требующие не меньшего энтузиазма и научного порыва, чем при построении уже известных физических картин мира.

Синтез знаний. Любая физическая картина мира всегда отображала несколько научных идей, составляющих ядро различных физических теорий, в том числе и фундаментальных. Так с механической картиной мира были связаны фундаментальные теоретические идеи, лежащие в основании ньютоновской механики, термодинамики, электродинамики А. Ампера. С электродинамической картиной физического мира соотносились теоретические идеи электродинамики Максвелла-Лоренца и механики Герца.

Современная физическая картина мира как интеграционное знание объединяет все накопленное многообразие фундаментальных физических концепций: классическую и квантовую механику, специальную и общую теорию относительности, термодинамику, классическую и квантовую электродинамику.

Очень образно, но точно по сути, этот процесс описали А. Эйнштейн и Л. Инфельд: «...Создание новой теории не похоже на разрушение старого амбара и возведение на его месте небоскреба. Оно скорее похоже на восхождение на гору, которое открывает новые и широкие виды, показывающие неожиданные связи между нашей отправной точкой и ее богатым окружением. Но точка, от которой мы отправлялись, еще существует и может быть видна, хотя она кажется меньше и составляет крохотную часть открывшегося нашему взгляду обширного ландшафта».

§ 3.4. Фундаментальное строение материи в современной картине мира: элементарные частицы и их свойства

Вы можете спросить: почему природа устроена именно так? На это можно только ответить, что наши современные знания показывают, что природа, по-видимому, устроена именно таким образом. Мы просто должны согласиться с этим.

Поль Дирак

До нашего времени идея строения объектов из элементов остается фундаментальной и весьма продуктивной: тела состоят из частиц (атомов), атомы состоят из электронов и ядра, ядро состоит из нуклонов, нуклоны состоят из кварков.

Материальное единство мира проявляется в физике в том, что на последнем к настоящему времени изученном уровне материи, материальные объекты представлены только элементарными частицами и их системами.

Физические поля, т.е. объекты, отвечающие за взаимодействие между частицами, на достигнутом уровне изучения тоже представлены частицами – квантами поля, «переносчиками» взаимодействий. К ним относят мезоны, бозоны, фотоны и гравитоны. Лауреат Нобелевской премии П. Дирак так писал: «Поля и частицы – это не два различных объекта, а два способа описания одного и того же объекта, две различные точки зрения на один и тот же объект».

Из истории открытия элементарных частиц. Для открытия элементарных частиц потребовались тонкие эксперименты, чувствительные методы и новые теоретические идеи. Вспомним историю. В 1928 г. выдающийся английский физик-теоретик П. Дирак (1902–1984) на основе знаний специальной теории относительности и квантовой механики теоретически предсказал существование новой элементарной частицы – позитрона. Позитрон – положительно заряжен и равен по массе и величине заряда электрону. Теория так убедительно предсказывала свойства новой частицы, что ученые почти сразу стали строить экспериментальные методики по открытию частицы. Повезло в 1932 г. американскому физику К. Андерсону: в космических лучах он экспериментально обнаружил позитроны, т.е. первые *античастицы*, и получил Нобелевскую премию.

Треки частиц фотографировались в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. Так обнаружился трек частицы с величиной заряда и массой электрона. Если это позитрон, то при положительном знаке заряда он должен двигаться снизу вверх. Для решения проблемы на пути частицы поместили свинцовую пластинку, скорость частицы уменьшалась, и радиус кривизны тоже уменьшался. Так была идентифицирована первая античастица.

Мир элементарных частиц. *Элементарными* по определению называют первичные частицы, из которых состоит вещество и поле. Размеры элементарных частиц меньше размеров ядер. Не случайно элементарные частицы нередко называют субъядерными объектами.

Структура. В итоге более чем столетних научных открытий некоторые элементарные частицы (электрон, нейтрино, кварки и т.д.) на данный момент считаются бесструктурными. Другие элементарные частицы (так называемые составные частицы, в том числе частицы, составляющие ядро атома – протоны и нейтроны) имеют сложную внутреннюю структуру, но по современным представлениям на данный момент на практике разделить их на части невозможно.

Типичные свойства, которые проявляют элементарные частицы: сложное строение большинства элементарных частиц и их нестабильность, постоянное взаимодействие и взаимопревращаемость частиц, существование античастиц.

Античастицы – это двойники элементарных частиц, которые отличаются от последних знаком электрического заряда и знаками некоторых других характеристик.

Физики предсказывают существование новых типов частиц (*гипотетические частицы*), из которых состоит тёмная материя, но ни одна из них пока не подтверждена экспериментально.

Строение элементарных частиц. Исторически научная проблема «элементарности» частиц решалась следующим образом.

В 1955–1958 г. на ускорителе Стэнфордского университета американский физик-экспериментатор Р. Хофштадтер в опытах по рассеиванию быстрых электронов на протонах обнаружил распределение электрического заряда протона. Метод опыта был подобен опытам Резерфорда по установлению сложного строения атома. На основе этих экспериментальных *фактов* в начале 60-х годов все чаще стала высказываться *гипотеза* о сложном строении адронов. В 1963 г. американские физики-теоретики М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг на основе этой гипотезы построили *модель* адронов, которые состоят из комбинаций более первичных частиц – кварков. Прежде всего, это значило, что адроны – не точечные частицы. Например, протон состоит из трех разных кварков, очевидно, что их общий заряд должен быть равен + 1, т.е. заряд одного кварка – дробный. Кварк с зарядом + $2/3e$ получил название *u*-кварк (анг. *up* – вверх), а кварк с зарядом – $1/3e$ называли *d*-кварк (анг. *down* – вниз). Протон состоит из двух *u*-кварков и одного *d*-кварка. Модель сложного строения адронов из кварков сейчас многократно *экспериментально* подтверждена опытами по рассеянию одних частиц на других частицах.

Строение протона из кварков потребовало объяснения его устойчивости, т.е. решения проблемы взаимодействия кварков. В настоящее время физики считают, что механизм взаимодействия кварков выражается в обмене глюонами, особыми частицами. Таким образом, сильное взаимодействие элементарных частиц выражается в обмене глюонами.

Хотя экспериментально кварков в свободном состоянии не обнаружено, и теория говорит, что это в принципе невозможно сделать, но физики продолжают поиски.

Движение элементарных частиц. Глобально все разнообразие физических явлений в природе обусловлено движением и взаимодействием элементарных частиц.

Механическое движение (как изменение своего положения с течением времени) элементарных частиц весьма сложное и его ещё предстоит детально изучать. Согласно положениям квантовой механики понятие траектории для элементарных частиц не применимо, они ее не имеют.

Движение элементарных частиц выражается в изменении их свойств (стабильности). Стабильными являются элементарные частицы, которые могут находиться неопределенно долго в свободном состоянии. Для микромира свободное состояние – не характерно: к стабильным относят только фотон, электрон, протон, нейтрино, и их античастицы. Относительно стабилен нейтрон, он в свободном состоянии живет около 15 мин, но зато в стабильном ядре живет бесконечно. Остальные элементарные частицы за конечное время самопроизвольно распадаются на другие частицы. Одна высокоэнергетичная

частица из космоса в атмосфере Земли порождает ливень разнообразных элементарных частиц.

Взаимодействие элементарных частиц (через которое проявляются их свойства) – основное явление микромира.

Всего известно четыре типа взаимодействий – гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое. Охарактеризуем их (табл. 3.4.1.).

Табл. 3.4.1. Фундаментальные взаимодействия

Тип взаимодействия	Относительная интенсивность	Радиус действия, м
Сильное	1	$\sim 10^{-15}$
Электромагнитное	10^{-2}	∞
Слабое	$\sim 10^{-10}$	$\sim 10^{-18}$
Гравитационное	$\sim 10^{-38}$	∞

Электромагнитные взаимодействия испытывают только электрически заряженные частицы. Например: взаимодействие двух заряженных шариков и взаимодействие двух электронов в атоме. Из-за дальнего действия электромагнитные силы во многих случаях оказываются главными. Например, именно эти силы вызывают разлет осколков, которые образуются при делении атомных ядер.

Гравитационное взаимодействие присуще всем частицам. Оно наименее интенсивное, поэтому в мире элементарных частиц при сравнительно малых массах влияние гравитационных сил не фиксируется и обычно не учитывается.

Сильное взаимодействие выражается притяжении нуклонов в атомных ядрах. Оно присуще большому количеству элементарных частиц, так называемых адронов (протоны, нейтроны, гипероны, мезоны и др.). Причем число адронов, т.е. частиц, которые участвуют в сильном взаимодействии, дошло до нескольких сотен. Эти взаимодействия короткодействующие: на расстояниях свыше 10^{-15} м они прекращаются.

Слабые силы являются универсальными: действуют между всеми известными элементарными частицами, присутствуют во всех взаимодействиях. Слабые взаимодействия вызывают β -распад радиоактивных ядер и вместе с электромагнитными силами присущи лептонам – элементарным частицам, не участвующим в сильных взаимодействиях и обладающих спином $\frac{1}{2}$ (электрон, мюон, нейтрино и др.). Например, слабое взаимодействие ответственно за β -распад нуклона в ядрах атомов, т.е. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. Это единственное взаимодействие, в котором участвуют нейтрино. Визитной карточкой слабого взаимодействия является возникновение или участие в них нейтрино: есть нейтрино, значит это слабое взаимодействие. Слабое взаимодействие является короткодействующим.

Логично классифицировать элементарные частицы по виду взаимодействия. Адронами называют элементарные частицы, которые участвуют в сильном взаимодействии. К ним относят протон, нейтрон, мезоны и, так называемые, резонансы. Лептоны не участвуют в сильном взаимодействии, а участвуют в слабом и электромагнитном. К ним относят, например, электрон и электронное нейтрино, мюон и мюонное нейтрино.

Самый простой и фундаментальный механизм взаимодействия, когда одни частицы обмениваются между собой другими частицами. Такую модель взаимодействия называют квантово-релятивистской. Взаимодействие между частицами происходит в малый промежуток времени в точке пространства. Рассмотрим примеры этого механизма для сильного взаимодействия: нейтрон испускает пи-мезон (пион) и превращается в протон, пи-мезон поглощается протоном и возникает нейтрон. Следовательно, взаимодействие выражается во взаимных превращениях протонов и нейтронов.

Статистический характер процессов в микромире. Распад элементарной частицы, взаимодействие элементарных частиц – в микромире случайное событие. Каждое из них имеет свою вероятность.

Например, распад каона 0_1K возможен двумя способами с разными вероятностями. В целом все закономерности мира микрочастиц – статистические закономерности (табл. 3.4.2.).

Табл. 3.4.2. Вероятности распада каона

Реакция распада	Относительная вероятность, %
${}^0_1K \rightarrow \pi^+ \pi^-$	67
${}^0_1K \rightarrow 2\pi^0$	33

Метод исследования элементарных частиц. Элементарные частицы трудно выделить и экспериментально исследовать. Для получения сведений о них надо организовать и пронаблюдать взаимодействие частицы с прибором. Чтобы маленькая частичка смогла изменить состояние прибора, прибор должен быть особым. Реагирующая часть прибора (вещество – газ, жидкость, фотоэмульсия) должна находиться в крайне неустойчивом состоянии. При мельчайшем действии элементарной частицы на вещество, оно стремительно переходит в устойчивое состояние. Например, это следующие процессы – газовый разряд или конденсация перенасыщенного пара под действием заряженной частицы. Когда пролетает заряженная частица между пластинами конденсатора под высоким напряжением, даже если под её действием образуется один ион, он в сильном электрическом поле начинается двигаться и в свою очередь ионизирует уже большое число атомов газа. Процесс в конденсаторе макроскопический и идет лавинообразно. Его результат измеряется с помощью приборов, данные накапливаются, с помощью компьютера первично обрабатываются.

Инструменты для экспериментального изучения свойств элементарных частиц. Для мира малых масштабов, т.е. микромира, в конце XIX–начале XX века возникла проблема разработки инструментов для экспериментального изучения свойств элементарных частиц, для измерения их физических характеристик. В современной науке самым крупным прибором на Земле, по-видимому, являются ускорители элементарных частиц (класс устройств для получения заряженных элементарных частиц высоких энергий и знаний о них). Например, большой адронный коллайдер в ЦЕРН представляет собой комплекс в виде кольца длиной почти 27 километров.

По форме траектории и механизму ускорения частиц ускорители делятся на линейные, циклические и индукционные. Работа ускорителя основана на взаимодействии заряженных частиц с электрическим и магнитным полями.

Рассмотрим схему ускорителя и выделим принципиальные элементы (рис. 3.4.1.). Во-первых, должен быть источник элементарных частиц. В нашем случае это атомы водорода, которые ионизируются, а значит, становятся протоном. Во-вторых, это устройство для ускорения протонов. Разгон частиц происходит мощным электрическим полем между электродами, а сами протоны двигаются в вакуумной камере в магнитном поле. В-третьих, это мишень. В-четвертых, это сепаратор нужных частиц. В-пятых, детектор. Например – пузырьковая камера.

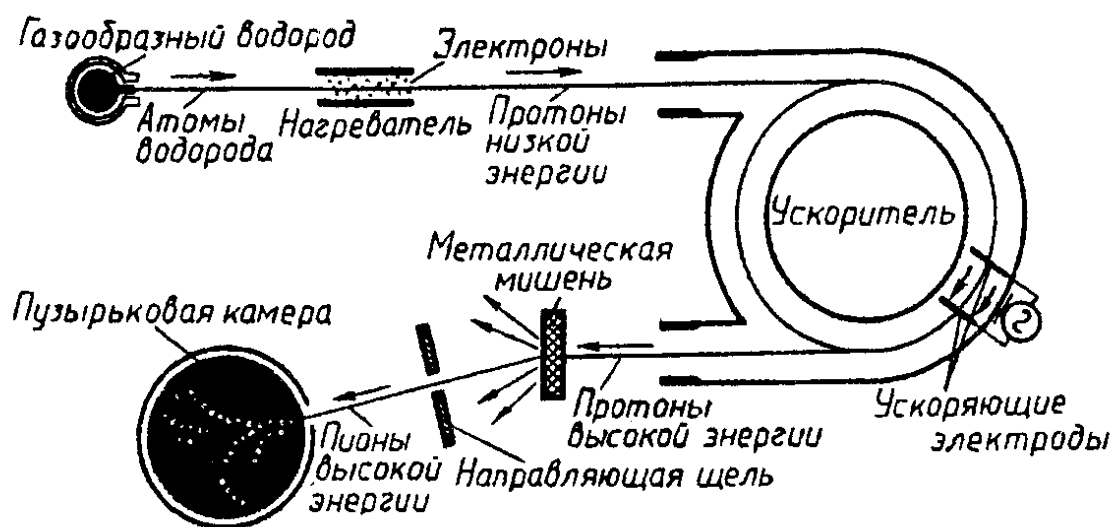


Рис. 3.4.1. Схема ускорителя частиц

Построенная в XX веке теоретическая конструкция, называемая **Стандартная модель** элементарных частиц – грандиозное достижение современной физики (в рамках которой возможно описать почти все процессы, протекающие в природе в результате гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий). Но уже сегодня известно, что частицы и взаимодействия Стандартной модели не исчерпывают всех знаний о фундаментальном строении материи.

§ 3.5. Инвариантные идеи современной физической картины мира

Есть, однако, одно счастливое обстоятельство: каковы бы ни были наши мнения, им не изменить и не расстроить законов природы.

Майкл Фарадей

Современная физическая картина мира включает систематизированный комплекс наиболее важных знаний физической науки. Это – общая физическая модель нашего мира. В неё входят исходные идеи и принципы; представления об области познания; фундаментальные понятия; важнейшие законы; частично базовые физические теории предыдущих картин мира, основные мировоззренческие идеи. Конкретизируем **содержание современной ФКМ**.

- Формы существования материи: вещество и поле.
- Всего выделяют четыре разных типа фундаментальных взаимодействий – сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное. На уровне микромира у этих взаимодействий найдены носители – элементарные частицы, кванты этих полей, π -мезоны, фотоны, промежуточный бозон W и гравитоны.

- Формы движения материи многообразны (механическая, тепловая, электромагнитная, ядерная, взаимопревращение элементарных частиц). Они не сводимы друг к другу, каждая форма обладает своей спецификой и присущими только ей закономерностями. Например, законы движения макротел неприменимы к движению микрочастиц.

- Общими для всех процессов физических систем мегамира, макромира, микромира являются законы сохранения – импульса, энергии, заряда и некоторые другие.

- Для каждого рассматриваемого (выделяемого) структурного уровня материи строят свои модели, затем конкретизируют проявление фундаментальных взаимодействий, а в итоге получают системы знаний – фундаментальные физические теории. Например, фундаментальной моделью мегамира является материальная точка; фундаментальной моделью взаимодействия двух элементарных частиц на расстоянии является обменный механизм взаимодействия с помощью третьей. Это модель близкодействия.

Основные элементы современной ФКМ представлены ниже (рис. 3.5.1.).

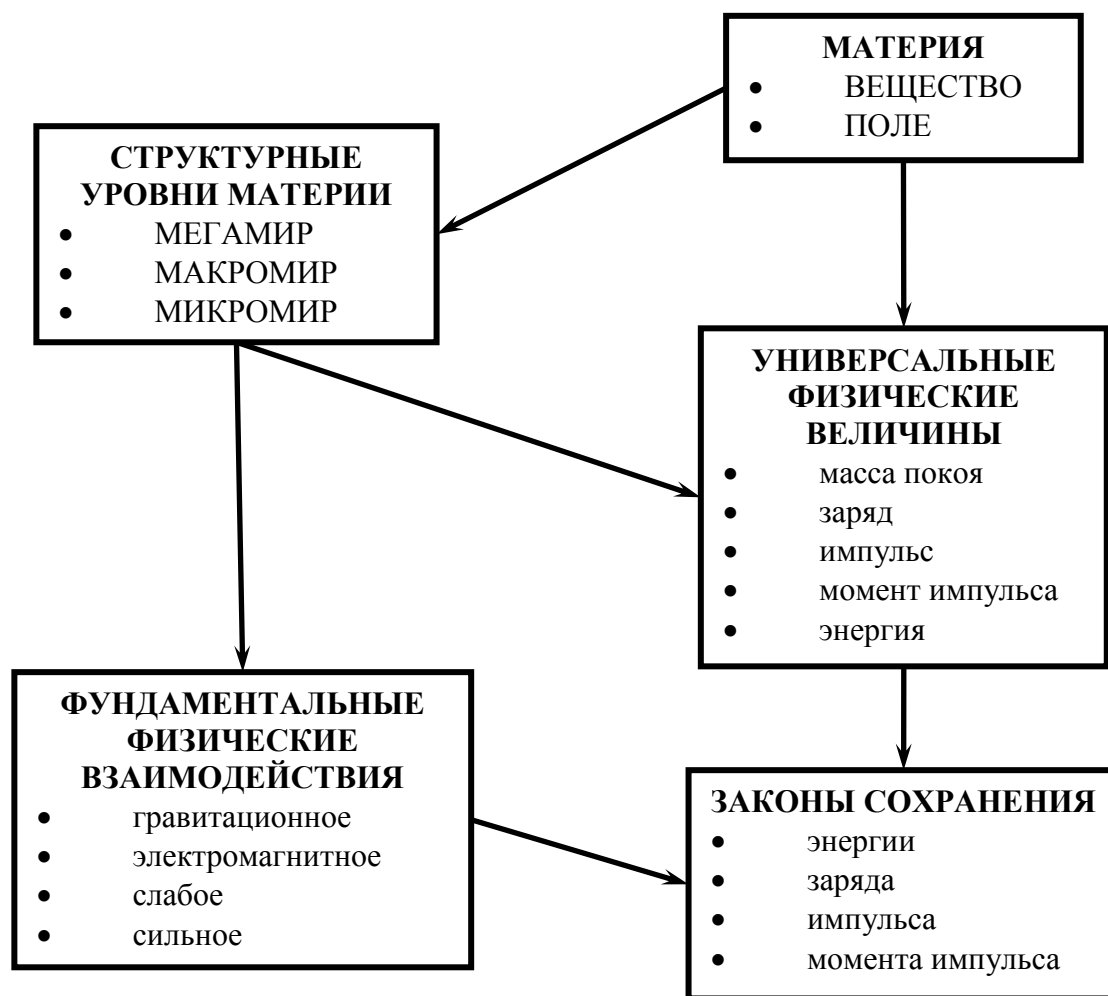


Рис. 3.5.1. Элементы современной физической картины мира

Идеи познания, обуславливающие современную ФКМ. Обобщение накопленных в физике знаний позволяет максимально понять сложный физический мир.

Обратимся подробнее к основным исходным идеям познания:

- *Научный рационализм*, выраженный в признании объективности и познаваемости мира; в причинной связи (динамической и статистической) объектов и явлений.

- *Динамическое развитие мира.* Наблюдаемый физический мир меняется каждую секунду с невероятной скоростью, каждый миг не похож ни на какой другой, любое явление, событие или процесс никогда не вернутся на прежнее место...

- *Системный подход* (метод) в познании объектов и явлений; сочетание феноменологического описания и выяснения микромеханизма явлений. Газ можно описать на языке молекулярно-кинетических представлений, например, уравнением $p = nkT$, а можно и экспериментальным (феноменологическим) законом $pV = const$.

Системный метод познания выражается в выполнении следующих действий: выделяется изучаемая физическая система как целое, определяется

структура системы – элементы, выясняются движение и взаимодействие элементов системы, отыскиваются определяющие законы, вычисляется нужный параметр, физическая величина элемента или системы в целом. Напомним, что при проведении исследований в обучении этот подход более познавательно эффективен.

- *Множественность описания* для всех объектов и явлений (языки описания, модели), в итоге – последовательное приближение к объективности знаний. Любой объект, например, кусочек стекла, описывается законами механики, молекулярной физики, оптики. В одном случае это уравнения закона $m\vec{a} = \vec{F}$, во втором – график деформации при растяжении, в третьем – коэффициент преломления. Всё это разные, способы описания свойств данного объекта.

- *Ограниченность знания*, приближенность эмпирического знания. Приблизительность опытного знания всегда зависит от погрешности измерения. Теоретическая модель также имеет свои границы применимости. Даже основной второй закон Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}$ уже не применим к вращению твердого тела, тем более не применим к свету.

Названные идеи определяют стиль современного физического мышления, методы и приемы исследований.

Границы применимости современной ФКМ. Физика описывает наиболее общие свойства материи (формирует базовую физическую картину мира), поэтому она остается фундаментом многих других наук и соответствующих предметных картин мира. Облик нашей цивилизации во многом определен успехами в развитии физики, и в этой области предела развития знаний пока не видно.

Надо понимать, что никакая физическая картина мира не объясняет все грани действительности. Это фактически невозможно, и такая цель не ставится. Например, физическая картина мира, как модель, не может претендовать на описание жизнедеятельности людей. А это значит, что у любой ФКМ, в том числе и современной, есть свои границы применимости. М. Борн, обобщая опыт исторического развития физики, отмечал, что каждая физическая картина мира имеет свои границы, которые вскрываются новым витком научных открытий. До этого времени границы применимости ФКМ не ощутимы.

§ 3.6. О границах применимости физических теорий

...Нет ни одного физического закона, который не подвергали бы в настоящее время сомнению; все без исключения физические истины привлекаются к суду критики...

Макс Планк

Все развитие физики, быть может, за редчайшими исключениями, происходит путем использования уже известных фундаментальных законов. Пока не появляются новые научные факты, каждая теория в мире знаний имеет свое относительно независимое место и устоявшиеся границы применимости. Глубокие суждения по этому вопросу высказывали многие физики, подчеркивая ограниченность физических теорий и некоторую сдержанность в изменении (сужении) сферы их применимости:

- Известный французский физик Л. Бриллюэн: «В какой степени мы можем доверять научным теориям? Ответ должен быть достаточно осторожным: «В высокой, но не слишком высокой». Для всех теорий существуют ограничения, все они «хороши» до определенной степени и в определенных границах...».

- Великий А. Эйнштейн: «мы должны проверять старые идеи, старые теории, хотя они и принадлежат прошлому, ибо это – единственное средство понять значительность новых идей и пределы их справедливости».

- Советский и российский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике В.Л. Гинзбург: «...физика имеет чрезвычайно широкую область применимости <...> изменение или обобщение фундаментальной теории, связанное с сужением ее области применимости, является чрезвычайным и, вообще говоря, нежелательным событием, а следовательно, должно быть глубоко обосновано».

Итак, любые системы знаний имеют свои ограничения и **границы применимости**.

Например, в экспериментальных исследованиях были выявлены границы применимости закона Ома: открыты элементы электрической цепи с нелинейными вольт-амперными характеристиками, а также вещества, в определённых условиях не имеющие никакого электрического сопротивления – сверхпроводники. В свое время после открытия заряженных микрочастиц – электронов (позже протонов и других), была сформулирована микроскопическая теория электропроводности, объясняющая зависимости сопротивления от температуры посредством рассеяния электронов на колебаниях кристаллической решётки, примесях и т.д.

Важно учесть, что для каждой области физики, на определенных временных отрезках существуют свои системы знаний – физические теории. Так, нерелятивистская квантовая механика описывает движение микрочастиц с малыми скоростями. Механика Ньютона не справедлива для тел, движущихся с

большими скоростями. Новые знания, углубив наше понимание основ мироздания, не опровергли классическую динамику, а лишь позволили точнее обозначить ее границы применимости.

И в современной науке, где вопросы строения материи и взаимодействия излучения с веществом не могут быть поняты во всей полноте без методов квантовой физики, развитие еще не закончено, границы применимости пока окончательно не определены.

На схеме (рис. 3.6.1.) ориентировочно показано место физических знаний при описании физических объектов в масштабе скоростей от нуля до скорости света. В школе изучается в основном классическая физика. Эта область физического мира сравнительно хорошо изучена. Заметим, что она занимает сравнительно мало места в объеме изучаемых знаний. Мир физических явлений гораздо масштабнее.

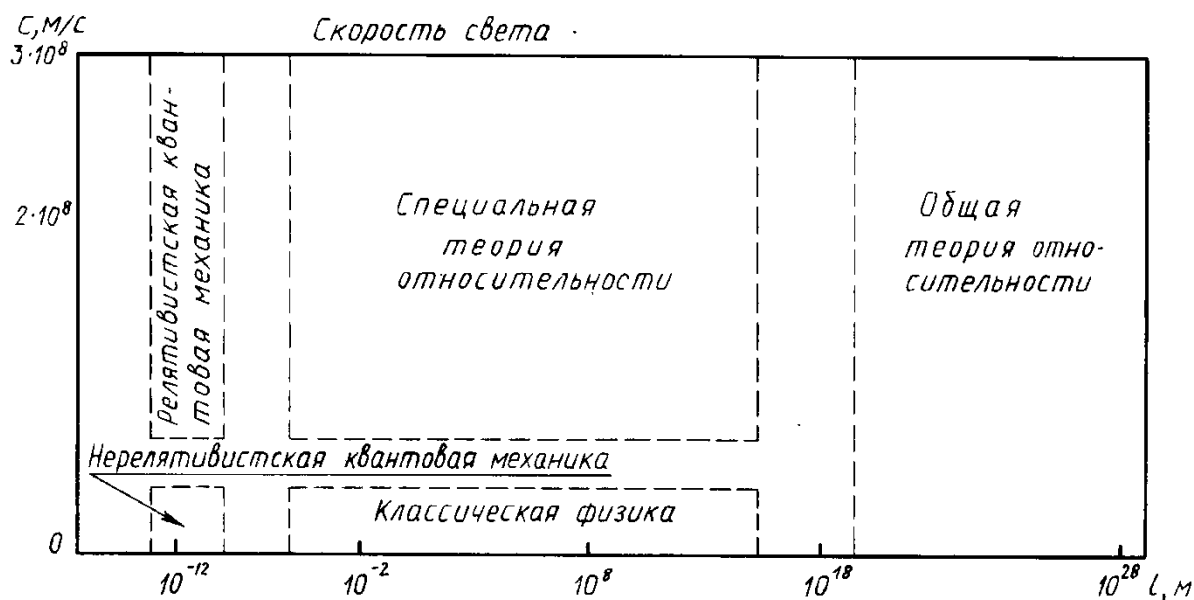


Рис. 3.6.1. Границы применимости физических теорий в зависимости от расстояния и скорости распространения взаимодействий

При изучении физики моделирование, как неотъемлемая часть познания, применяется в определенных рамках. **Границы применимости наиболее известных моделей** объектов фундаментальных физических теорий приведены ниже (табл. 3.6.1.). Например, хотя представления об атоме в форме планетарной модели широко распространены, но это модельные представления. И они весьма ограничены, поскольку в современной физике движение микрочастицы не характеризуется траекторией. А значит, и планетарная модель атома – только модель.

Табл. 3.6.1. Границы применимости физических моделей

Теория	Модель объекта	Границы применимости модели
Механика	Материальная точка	Размерами тела нельзя пренебречь при решении задачи, наличие внутренних движений
Молекулярная физика	Идеальный газ	Частицы газа взаимодействуют на расстоянии, размерами частиц нельзя пренебречь
Электродинамика	Однородное электрическое поле	Только для сравнительно малой области пространства и времени
Квантовая физика	Планетарная модель атома	Для объяснения состава и структурного строения атома

В. Паули, анализируя историю науки, утверждал, что «...в физике более поздние этапы ее развития вовсе не сводят к нулю значение более ранних стадий, а лишь указывают границы применимости этих более ранних стадий, включая их как предельные случаи в более широкую систему новой физики».

§ 3.7. Роль знаний физической картины мира в научно-техническом и технологическом прогрессе

Мы живем в периоде напряженного непрерывного созидания, темп которого все усиливается.

Владимир Вернадский

Важными сферами, определяющими существование и развитие человечества, являются взаимодействующие между собой наука, техника и производство.

Исторические аспекты. Без техники и технологий сейчас невозможно представить наш мир. Конструирование устройств, упрощающих или изменяющих жизнь человека – важное историческое приобретение. Потребность в научной теории возникала у людей при разработке новых технических приспособлений, при возведении построек, при развитии мореходства и пр. История взаимоотношения физики и техники показывает, что наряду с их развитием в обществе на протяжении его становления формировалась и необходимость в усовершенствовании технических средств. Такова природа возникновения физики как науки. Причем изначально физика была непосредственно связана с практикой. Например, великий Г. Галилей сам занимался шлифовкой стекол. Затем эта связь становилась все более опосредованной.

И хотя во времени зависимость между физикой и техникой не всегда была четкой и прямой, тем не менее, вся история развития науки и техники убеждает в том, что даже длинный и трудный путь всегда приводил научное открытие к его практическому применению.

Исторически-эволюционная модель прошлого, в которой за физикой как наукой закреплялась функция производства знания, а за техникой только его применение – уже не соответствует реалиям современной эпохи. Современная эволюционная модель выстраивает соотношение физики и техники, где признается ведущая роль техники, которая задаёт условия для выбора научных вариантов, а за физической наукой остаются функции разработки этих вариантов знаний и технических средств. Именно физические знания подарили человечеству большинство технических идей и разнообразных технологий.

Роль физической картины мира. В современном, стремительно меняющемся мире влияние ФКМ (научных идей, формирующих ее) на спектр вопросов технико-технологической стороны развития общества, а также о месте ФКМ, в том числе в системе разных наук, заслуживает отдельного внимания.

Поскольку в описании физической картины мира отражаются разнообразные связи в виде систем научных знаний или научных принципов, то опираясь на них, у человека появляется возможность конструировать конкретные теоретические модели и использовать их для разнообразных нужд практики, обеспечивая в итоге рост научно-технического прогресса. В итоге формируется научный стиль мышления – ведущая сила технических процессов. ФКМ, расширяя кругозор и обогащая эрудицию субъекта познания в целом, тем самым оказывает влияние на рост *технико-технологических* возможностей общества.

В образовательном процессе ФКМ позволяет ориентировать на практическую направленность и применимость научного знания. ФКМ, выступая как специфическое интегративное научное знание о природе, человеке (обществе), позволяет правильно понимать и оценивать происходящие в настоящее время изменения в области науки и техники, в том числе с использованием цифровых технологий.

Направления научно-технического прогресса. По определению современный научно-технический и технологический прогресс – это грандиозные по масштабам, социальному влиянию инновационные процессы, революционные изменения в технике и технологиях, вызванные успехами науки для целей человечества.

Фундаментальная и ведущая цель современной физики – создание научных основ главнейших направлений развития техники и различных технических систем, создание проектов и образцов новой техники. Отметим некоторые наиболее известные и востребованные или перспективные в будущем направления, в которых физические знания выступают на первый план.

- *Открытие новых и совершенствование известных методов, технических устройств и технологий* (нанотехнологий) (на основе знаний о свойствах объектов природы – тел, физических полей и волн), в которых задействованы технические средства. Например, мы научились эффективно использовать электромагнитные волны: у каждого из нас имеются мобильные телефоны. Технологии на основе управления квантовыми явлениями сегодня применяются практически повсеместно: в компьютерах, планшетах, цифровых камерах, системах связи, светодиодных лампах, МРТ-сканнерах, сканирующих туннельных микроскопах, ускорителях частиц и многих других приборах. Физическая идея индуцированного излучения в квантовой электродинамике создала техническую индустрию по производству лазеров, которые нашли широкое применение в окружающей нас жизни (лазерная связь, лазер как медицинский скальпель, лазерное оружие, лазерная указка...). Теория электропроводности на основе квантовой механики привела к открытию закономерностей электропроводности твердых тел и полупроводников.

- *Механизация и автоматизация* разных производственных и бытовых процессов. С их помощью повышается производительность труда, труд становится более интеллектуальным и интересным. Особенно это важно на сложных и не безопасных производствах. Например, при сварке деталей, при управлении ядерным реактором и пр.

- Своими знаниями физика предсказывает процессы *создания новых неизвестных ранее материалов с заданными свойствами*. Сейчас налажено и проработано до мелочей производство искусственных алмазов из графита для режущих инструментов. Такие физические методы воздействия на вещество, как сверхсильное давление, высокие температуры, мощные магнитные поля, лазерное излучение, могут радикально менять свойства вещества. И на этой научной основе возникают новые производства. Так фактически было с созданием транзисторов и микропроцессоров.

- Глобально физика может рассматриваться как научная база для *создания новых отраслей производства*. Электротехника и энергетика, радиотехника и электроника, светотехника, строительная техника, гидротехника, значительная часть военной техники появились на основе достижений физики.

- *Энергетическая безопасность* стран и целых регионов становится глобальным фактором в наше время. Отсюда для нашей страны уникальное значение имеет электроэнергетическая система. Тепловые, атомные и гидро-электростанции – грандиозные по социальному значению объекты, которые построены на физических принципах и устойчиво работают десятки лет. Это огромное достижение современной науки.

- Фундаментальные законы квантовой физики используются при разработке проектов *управляемого термоядерного синтеза*.

Строительство международного термоядерного реактора ИТЭР (ITER) в котором участвуют Россия, США, Китай, Индия, Япония, Южная Корея и Евросоюз в разгаре, с завершением строительства и полноценным запуском с первыми экспериментами после 2025 года и полной мощностью к 2030-м. Получение плазмы станет подтверждением того, что термоядерные реакции можно использовать для выработки энергии в промышленных масштабах.

К 2025 году реализован китайский проект по созданию «искусственного солнца» (предполагалось, что реактор сможет разогреть плазму до температуры выше 200 млн градусов по Цельсию, а процессы в нем будут походить на те, что происходят в ядре Солнца). Китайское "искусственное Солнце" установило рекорд: горячая плазма удерживалась в рабочем состоянии в течение 17 с половиной минут. Как достижение физиков-ядерщиков приближает человечество к появлению практически неисчерпаемого источника энергии. К началу 2026 году китайские ученые на полностью сверхпроводящем токамаке Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST) впервые вывели плазму на уровне плотности выше эмпирического предела, подтвердив «режим без ограничений плотности» и вплотную приблизившись к управляемому термоядерному синтезу.

- *Обширно влияние физики на все естественные науки:* химию, биологию, астрономию, географию, экологию и пр. Прежде всего, она вооружает их исследователей своими точными методами получения знаний. Приборы по измерению массы, заряда, скорости, силы, энергии используются практически во всех областях деятельности человека. Так в астрономии с помощью радиолокатора точно определили расстояние от Земли до Луны. Физические законы движений объектов от звезд до элементарных частиц позволяют предсказывать многие природные явления. Например, столкновение кометы с Землей.

Под влиянием физики возникли новые науки: астрофизика, физическая химия, биофизика, космомикрoфизика и т.д. Например, перенос в химию из физики основ квантовой механики, когда процессы преобразования молекул, изучаемые в химии, могут быть представлены как квантовые системы. Эта идея породила новое направление – квантовую химию, возникновение которой принесло революционные изменения в современной химической науке и позволило формировать принципиально новые концепции исследований.

Без электронных микроскопов было бы сложно в молекулярной биологии, например, практически невозможно расшифровать геном человека.

Освоение микромира дало новую картину целого в географии: например, параметры прочности электронных оболочек атома указывают предельную высоту гор на Земле. Познание природы элементарных частиц в рамках космомикрoфизики определяет осмысление космологии ранней Вселенной.

В науке экологии широкий спектр физических методов изучения вещества уже нашел применение в создании эффективных систем мониторинга экосистем различного уровня.

На пороге квантового будущего. Отрасль квантовых технологий во всем мире находится в настоящее время на стадии активного развития.

- Одной из ожидаемых перспективных технологий станут *квантовые вычисления* – новый класс вычислительных устройств, которые позволят с многократным ускорением выполнять вероятностные расчеты сложности, недоступной современным суперкомпьютерам. Благодаря им ученые ожидают прорывов в медицине и фармацевтической отрасли (в диагностике заболеваний и разработке лекарств) благодаря точному моделированию сложнейших химических реакций, химических систем, биологических процессов. Примерами применения являются также сферы кибербезопасности и искусственного интеллекта.

- Прорывное развитие помогут осуществить *квантовые компьютеры*.

- Квантовые технологии должны радикально *изменить облик промышленности*: оборонной, автомобильной, космической и пр. (возможности моделирования, автоматического управления, создания и использования новых материалов, и многое др.).

- Новая *квантовая связь* и технология криптографической защиты информации обеспечат передачу информации, закодированной в квантовых состояниях элементарных частиц (путем квантовой телепортации, используя индивидуальные квантовые частицы). После лабораторных экспериментов с начала 2000-х годов, в наши дни уже существуют успешные примеры установления квантовой связи между городами. Неоспоримая ценность такой связи в современном мире – абсолютная защищенность информации, гарантированная законами физики. Очевидно, что развитие квантовых коммуникаций значительно улучшит возможности привычных типов связи и особенно дальней космической связи.

Фотонные технологии изменят нашу повседневную жизнь: разработки новых способов системы связи Li-Fi–Wi-Fi, работающих на фотонах (родоначальником этой технологии считается немецкий физик Х Хаас, который в 2011 г. в качестве роутера использовал светодиодную лампу).

- Многообещающим и уже развивающимся направлением, параллельно с квантовыми вычислениями и связью, является *квантовая сенсорика*. Она позволит создать квантовые сенсоры с пространственной разрешающей способностью, сравнимой с размером одиночных атомов.

- *Квантовая метрология* обеспечит сверхточность квантовым сенсорам, высокоточное измерение физических величин в самых разных областях – от медицины и биотехнологий до астрономических наблюдений (например, создание высокоточных атомных часов, которые отсчитывают время с помощью определения энергии перехода между двумя электронными состояниями в атоме, а погрешность таких приборов составляет всего одну секунду на каждые 300 млрд лет.). Преимущество от сочетания последних двух направлений – миниатюризация, и, следовательно, энергоэффективность.

Уже в 2022 году ученые национального института стандартов и технологий США сообщили, что с помощью специально модифицированных уникальных атомных часов (положением частиц внутри которых можно гибко управлять, не нарушая работу самих часов) подтвердили гипотезу о замедлении времени в микромире (согласно общей теории относительности Альберта Эйнштейна). Ученые предполагают использование новой технологии замера времени не только для задач изучения гравитационных волн во Вселенной, но и для повышения практической точности систем глобального позиционирования GPS.

Обобщим. С одной стороны, физические знания и научные идеи физической картины мира обеспечивают рост *технико-технологических* возможностей развития общества, но и с другой стороны, сама техника влияет на формирование нового научного знания, обуславливает смену мировоззрения.

Вопросы к главе 3

1. Что включает в себя область физического познания?
2. Как вы думаете, в чем состоит цель познания мира?
3. Что такое «объект природы»? Какие средства описания используются для характеристики объекта?
4. По какому принципу физические объекты принято относить к микромиру, макромиру или к мегамиру? Приведите примеры объектов и явлений физического мира каждого из структурных уровней материи.
5. Какие физические явления наблюдают или используют космонавты на орбитальной станции?
6. В чем проявляется причинная взаимозависимость явлений физического мира?
7. Перечислите основные фундаментальные принципы современной физики.
8. В чем отличие физической модели от реального физического объекта?
9. Постройте таблицу, в которой задайте по вашему выбору две-три типичных модели физических объектов и явлений для каждой ФКМ.

ФКМ	Модели объекта	Модели явления
Механическая		
Статистическая		
Электродинамическая		
Квантовая		

10. Дайте определение и краткую характеристику понятию «физическая картина мира».

11. Перечислите последовательность физических картин мира. В чем их особенности и различие?

12. Почему ФКМ как система знаний меняется с течением времени?
13. Перечислите основные элементы современной физической картины мира.
14. Какие фундаментальные физические теории лежат в основе современной физической картины мира?
15. Что такое элементарная частица? Какие из элементарных частиц называют фундаментальными и почему?
16. Какие типичные свойства проявляют элементарные частицы?
17. Происходит ли аннигиляция при столкновении протона и позитрона?
18. Можно ли говорить об исчерпанности познания границ физического мира?
19. Каковы границы применимости знания об однородном пространстве?
20. Каково влияние ФКМ на решение спектра вопросов технико-технологической стороны развития общества?

Заключение

Если вам удастся придумать точку зрения на мир, которая согласуется со всем тем, что уже выяснено, и приводит где-то, к другим результатам в сомнительных областях, вы делаете великое открытие.

Ричард Фейнман

На наш взгляд, идея учебного пособия курса «Физическая картина мира» – обозначить и аргументировать роль и значение ФКМ в обучении; *методически грамотно* показать особенности и пути формирования ФКМ; продемонстрировать, что ФКМ занимает особое место в системе наук, в структуре познания мира, является одной из форм научного и мировоззренческого знания о мире, исторически наиболее полным и глубоким видом теоретического обобщения в физике.

Физическая картина мира относительно консервативна как система понятий и в исторической протяженности времени глобально меняется редко. Это её качество в состоянии сохранить мировоззренческое единство ряда поколений. Хорошо это или плохо – вопрос вне предметного поля физики, но скорее философский или социальный (например, насколько научно-мировоззренческие аспекты картины мира помогают преодолеть глобальные кризисы общества?). Выдающиеся ученые-физики, оценивая физическую картину мира с этих позиций, отмечали, что она представляет собой лишь одну из ступеней, периодов эволюции самой природы, один их этапов постижения человечеством окружающей действительности.

Рассматривая хронологию развития физических знаний, видим, что если при наличии новых фактов или теоретических результатов ФКМ может достраиваться и расширяться, то возможен предел такого расширения, когда имеющееся знание уже выступает тормозом развития физической науки. Например, в высказываниях Луи де Бройля содержится мнение, что в истории прогресс науки постоянно сдерживается тираническим влиянием некоторых концепций, которые в конечном итоге стали считаться догмой, и что ученым физикам по этой причине уместно периодически подвергать очень тщательному обсуждению существующие до них научные идеи и принципы.

Для преодоления противоречий требуются эволюционно новые идеи, научные прорывы, чтобы реалистичнее описать облик мира, и как следствие, формировать более глубокое и правильное миропонимание.

Смена физической картины мира почти всегда влечет за собой *мировоззренческие* сдвиги в общественном сознании (часто глубинные), неизбежно влияя на искусство, культуру, образование, индивидуальное сознание. Она способна менять нашу жизнь, влиять на создание масштабных технических проектов будущего (пример влияния квантовой концепции),

повлечь глубокое смысловое преобразование общества, поднять на новый уровень (порой радикально новый) понимание природы.

Принципиальные особенности современной ФКМ: историчность, системность, самоорганизация, глобальный эволюционизм. При этом наше время вновь уместно характеризовать словами профессора физики Г. Лихтенберга, которыми он описывал физическое знание в XVIII веке: «Там, где прежде были границы науки, там теперь ее центр». Новейшие научные открытия прошлых десятилетий, ранее казавшиеся научной сенсацией – «границей», пределом научных изысканий, сегодня в науке – в центре внимания и активно разрабатываются. И следует ожидать, что эволюция познания мира бесконечна.

Поэтому, в заключении хотелось бы уделить внимание «будущему» ФКМ, вопросам «новой физики», которые представляют высокий уровень интереса для науки, и, несомненно, будут познавательны для читателя.

«Новая физика». Научные открытия меняют лицо нашего мира и понимание реальности. Новый век – век беспрецедентного усиления общественной роли физики, внедрения ее во все сферы деятельности человека.

Приведем подборку новейших научных открытий и гипотез.

- Впервые, после почти 20 летнего наблюдения за двумя звездами, вращающимися друг вокруг друга с удивительной скоростью, международная команда астрофизиков фактически зафиксировала в природе редкое, предсказанное А. Эйнштейном явление, при котором вращение небесного тела как бы закручивает пространство и время, чем *доказательно подтвердила Общую теорию относительности Эйнштейна.*

- В 2021 году опубликовано сообщение, что при участии российских физиков в ЦЕРН в коллаборации LHCb ученые обнаружили новую частицу – экзотический тетракварк T_{cc}^+ , представляющий собой *новую форму материи.*

- Хотя сама сверхпроводимость на сегодня изучена достаточно хорошо, тем не менее, международная группа физиков в Германии (2021) экспериментально обнаружила и подтвердила существование *неизвестного ранее состояния вещества, связанного с эффектом сверхпроводимости.* Обычно при сверхпроводимости электроны образуют пары, но исследователи выяснили, что электроны способны соединяться в группы по четыре единицы (формировать квадруплеты), чего ранее никогда не наблюдалось. И хотя такое явление было теоретически предсказано около десяти лет назад, ученым очевидно, что открытие будет иметь научные перспективы: оно расширяет границы знаний о квантовых явлениях, открывает новую сферу изучения сверхпроводимости. Это новое явление, при котором создается состояние материи, потенциально способное породить новый тип сверхпроводимости (например, повысить эффективность квантовых устройств)

- После открытия «божественного» бозона Хиггса была закрыта последняя страница знаменитой Стандартной модели, которая описывает все элементарные частицы. Но последний эксперимент в центре под Чикаго (лаборатория имени Э. Ферми) дал значимый шанс на выдающееся открытие-прорыв – открытие *пятого фундаментального взаимодействия,*

объединяющего известные взаимодействия (электромагнитное, сильное, слабое и гравитационное). Помним, что А. Эйнштейн посвятил этому большую часть своей жизни.

- Ученые из Национального исследовательского ядерного университета МИФИ заявили (декабрь 2021), что они находятся на пороге открытия – в шаге от решения «мюонной загадки». Обнаружен избыток мюонов, который, возможно, свидетельствует о рождении какого-то *нового состояния материи в области сверхвысоких энергий*.

- В 2021 году физики озвучили смелое утверждение, что *понятие времени изменилось*, и оно противоречит нашему субъективному восприятию. В мире квантовой механики будущее определяет прошлое, а время движется не только вперед, но и назад одновременно.

- Поиск «темной материи» и «темной энергии» остается одним из приоритетов для физиков, но идея их существования до сих пор находилась только на уровне гипотезы, все эксперименты в этой области до сих пор провалились (в ЦЕРНе готовится ряд новых экспериментов). Никто не знает, что на самом деле будет открыто, когда и где.

И вот обнаружен возможный кандидат на темную материю. Группа ученых из разных стран (июнь 2020) обнародовала итоги исследований по поиску этой загадочной темной материи. Физики обнаружили загадочную аномалию, которая может быть как причиной остаточного количества атомов трития (изотопа водорода), так и свидетельством существования солнечных аксионов или неизвестных свойств нейтрино.

А в 2022 году команда физиков Европейского центра ядерных исследований сообщила о воссоздании предполагаемого состояния материи первых мгновений жизни Вселенной (кварк-глюонная плазма), которую учёные получили искусственно на Большом адронном коллайдере и обнаружении при этом загадочных «частиц X» (экзотические мезоны X 3872).

В 2025 году Science Daily сообщил о создании первого работающего квантового интернета — новой технологии передачи данных, использующей законы квантовой физики. Отмечалось, что инженеры впервые перенесли квантовые сети из лаборатории в реальный мир, используя обычные коммерческие волоконно-оптические кабели Verizon, которые работают по стандартным интернет-протоколам.

Физики говорят, что человечество стоит на пороге «новой физики», если речь идет о решении наиболее значительных проблем XXI столетия в физике элементарных частиц, то есть в физике микромира, где продолжает существовать множество разнообразных гипотез.

В начале третьего тысячелетия новые перспективы открываются на стыке космологии, астрофизики и физики элементарных частиц. Дальнейшее развитие квантовых технологий сможет привести к созданию устройств, которые до недавнего времени описывались лишь на страницах самой смелой научной фантастики.

В человеческом мире по определению фундаментальной является деятельность по воспроизводству существования цивилизации. Современная

ФКМ помогает определить, какие теоретические схемы сложившихся систем физических знания могут быть использованы по отношению к соответствующему новому предмету исследования, определяет их общий контур и организацию научного познания. Без сомнения, новейшие прорывные открытия приведут к колоссальному прогрессу в нашем понимании устройства мира, станут ядром нового мышления.

Рождается следующая эпоха. Возможно «новая физика» формирует знания для новой картины мира.

И если приоритетной и основополагающей в ряду ценностей *физического образования* (как и образования в целом) в России была и остается задача формирования мировоззрения школьников, то одним из *немаловажных направлений достижения этой цели является путь на основе представлений о физической картине мира*. Следует признать, что система обобщенных взглядов о мире, о месте человека в нем, о взаимоотношении человека и мира в значимой степени обеспечивает ориентацию личности в окружающей действительности. И хочется верить, что картина мира ориентирует растущего человека не только на понимание мира, но и на преобразующую деятельность, направленную на его качественное изменение, помогает сделать выбор в конкретных жизненных ситуациях в соответствии с верными научными убеждениями.

Словарь основных методологических понятий

Аналогия – сходство между объектами в каком-либо отношении.

Абстракция – процесс и результат мысленного отвлечения при познании объекта от тех или иных свойств; абстракция выступает в форме а) наглядной модели (атом Томсона), б) идеализированного объекта (материальная точка), в) конструкта (пси-функция), г) понятий и категорий (масса, материя, дом, стул) и др.; в мышлении абстракция существует в форме суждения, например «чай сладкий».

Восприятие – чувственное познание объекта, обладающее целостностью.

Восхождение от абстрактного к конкретному – метод познания, с помощью которого мышление воспроизводит конкретное; всеобщая форма развертывания научного знания, способ связывания абстракций (понятий) в целостную систему теоретического знания.

Герменевтика – метод (искусство, процесс) истолкования (интерпретации) текстов.

Гёделя теорема математической логики – в содержательных формальных системах имеются неразрешимые предложения (первая теорема); невозможно доказать непротиворечивость формальной системы средствами самой системы (вторая теорема).

Гипотеза – вероятное предположение о причине явления; проблематичное, недостоверное знание, выполняющее функции закона или теории; концептуальная идея (программа) или модель, которая конструируется путем непосредственной схематизации, преобразования опытных данных и вообще знаний; совокупность фактов и умозаключений, на основе которых делается вывод о существовании объекта, связи, причины и т.п.

Дедукция – форма мышления, когда новая мысль логически выводится из данных знаний и мыслей; изложение от общего к частному.

Деятельность – взаимодействие человека с природными и социальными объектами действительности; процесс «присвоения» человеком социального опыта; выделяют предметную, трудовую, мыслительную, образовательную, учебную, рефлексивную, управленческую, организационную, проектную, научную (и др.) деятельность; по структуре индивидуальная деятельность включает в себя мотивы, задачи, средства их решения, действия.

Динамический метод – метод исследования, заключающийся в рассмотрении движения и развития объектов и явлений.

Дисциплина – отрасль научного знания и учебный предмет; организационная, структурная и дидактическая единица науки; одна из моделей дисциплины – учебник.

Догматизм – метод познания (способ мышления), при котором новое знание получается как следствие известных истин (знаний).

Закон – отраженная в системе знания существенная, устойчивая связь между явлениями; форма теоретического или эмпирического обобщения.

Знак – объект, который обозначает явление, действие, свойство, связь, событие и т.п.; необходимая составляющая любой человеческой деятельности; среди знаков выделяют изображения, индексы и символы.

Знание – результат научной деятельности, научного производства; отражение объективной действительности в мышлении человека в теоретически схематизированной и общезначимой форме; система научных понятий об особенностях явлений; знание всегда выражается (представляется) знаковой системой.

Идеализация – вид абстрагирования, в результате которого в условиях предельного отвлечения от ненужных аспектов (сторон) создаются (конструируются) идеализированные объекты.

Идентификация – установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков; распознавание.

Идея – ступень познания, отражающая сущность объекта и способы практической реализации информации о нем, намечающая путь движения познания к новым результатам; единство знания и действия.

Инвариантность – неизменность от каких-либо условий; свойство объектов (величин, законов, теорий) оставаться неизменными при определенных преобразованиях.

Интуиция – процесс приобретения (получения) знания, без осознания путей и способов.

Истина – правильное отражение действительности в мысли.

Конкретное – материальный объект во всем его многообразии признаков и отношений; многостороннее, сложное, развернутое, целостное знание, совокупность понятий, теорий, воспроизводящих в познании сущность объекта; понятийное мышление в познании.

Концепция – основополагающая идея, точка зрения на какое-либо явление, конструктивный принцип его осуществления; способ понимания явлений; система взглядов на процесс.

Культура – совокупность видов и результатов деятельности человека и общества, различают культуру материальную и духовную (знания, мышление, наука, этика и др.).

Логика – совокупность наук о законах и формах мышления.

Метод – способ практического и теоретического действия, направленного на овладение объектом; методом познания может быть теория, применяемая за пределами своей предметной области, в других науках.

Методология – наука о методах познания, система принципов и способов организации какой-либо деятельности (учебной, научной и др.), а также учение об этой системе.

Мировоззрение – система (совокупность) взглядов на объективный мир и место человека в нем, на отношение человека к себе, природе и обществу; образования мировоззрения: взгляды, убеждения, идеалы, принципы познания, ценностные ориентации, направления деятельности.

Модель – форма и средство познания, любая система (воображаемая или реально существующая), отражающая оригинал, заменяющая его и дающая информацию о нем; объекты или явления, исследование которых служит средством для получения информации о других объектах или явлениях. Модель строится процедурами устранения из объекта тех свойств, которые кажутся несущественными, или добавления тех качеств, которых нет на самом деле; выделяют идеальные (теоретические понятия и образы) и материальные (макет и др.) модели. При исследовании модель соотносится с объектом и видоизменяется согласно целям.

Моделирование – воспроизведение характеристик объекта на другом объекте с целью их изучения.

Мышление – процесс решения проблем; отражение объективного мира в понятиях, суждениях, теориях и др.

Наблюдение – вид и форма познавательной деятельности, выраженная в целенаправленном восприятии объектов и явлений; структура наблюдения: цель, средства, процессы, результаты (факты); наблюдение схематизирует действительность, в итоге результаты чувственного опыта приобретают мыслительные (знаковые) формы.

Наука – сфера человеческой деятельности, духовное производство, направленное на получение и систематизацию объективных знаний о действительности, одна из форм общественного сознания, феномен культуры; система знаний. В научный предмет входят объект и предмет исследований, методы, научный язык, проблемы, факты, модели и др.

Научная картина мира – теоретическая модель реальности, концептуально-чувственный образ мира, синтез философских категорий, научных абстракций, компонент мировоззрения.

Обобщение эмпирическое – форма первичного синтеза фактов и знаний в научном познании, фиксирующая закономерные отношения между объектами и явлениями; формируется на основе индукции; обладает самостоятельностью; может существовать

длительное время, не находя теоретического объяснения; с помощью гипотез и теорий сводится в систему и получает обоснование.

Объект – то, на что направлена познавательная активность субъекта.

Объект идеальный – абстракция, результат идеализации (в частности, мысленного эксперимента) по изменению условий, в которые помещается изучаемый объект; результат мысленного конструирования объекта, при котором одни свойства сводятся к минимуму, а другие до максимума; в природе нет идеальных объектов.

Объект исследования – изучаемый фрагмент реальности (в эмпирическом исследовании) или абстракция (в теоретическом исследовании), специально построенная для какой-то цели исследования.

Объективное – события, существующее независимо от индивидуального сознания.

Описание – воспроизведение характеристик объекта для воссоздания в сознании других людей его образа; относительно самостоятельный этап исследования – фиксация результатов наблюдений и экспериментов.

Опыт – знание, которое непосредственно дано сознанию субъекта; знания совокупной общественной практики людей.

Организация – обусловленная структурой внутренняя упорядоченность, согласованность частей системы, а также совокупность процессов, ведущих к возникновению и совершенствованию связей между частями; единство структурных и динамических характеристик, обеспечивающих функционирование системы в целом и ее элементов, в частности.

Парадигма – исходная концептуальная идея, схема, модель научной программы.

Прагматизм – философское направление, трактующее истину как работоспособность или полезность идеи, считающее понятия и теории планами или инструментами действий, а философию – методом решения жизненных проблем.

Практика – все виды и формы человеческой деятельности, результатом которых является преобразование природы и общества; основа познания, критерий истины; структура практики включает потребность, цель, мотив, деятельность, предмет, средства и результат.

Предмет абстрактный – абстракция, образованная мышлением, в результате отрыва отдельных свойств от их носителей, результат мысленного опредмечивания того или иного свойства (например, идеальный газ).

Понятие эмпирическое (представление) – знание о непосредственно наблюдаемых в опыте свойствах действительности, получаемое в результате анализа, синтеза, классификации данных наблюдений и экспериментов.

Понятие теоретическое – знание, отражающее существенные признаки процессов или явлений; совокупность абстрактных определений, элемент теории, отражающий ее целостную структуру.

Предмет исследования – структурная, организационная, морфологическая или функциональная модель объекта познания; идея, имеющая идеальное (знаковое) или материальное выражение.

Принцип – основополагающее первоначало, исходный пункт, предпосылка концепции или теории; взгляд на мир как предмет теории, предопределяющий ее содержание.

Принцип дополнительности – методологическое положение о синтезе, согласовании разноплановых учений, понятий, моделей, элементов теорий и научных картин мира.

Принцип историзма – методологическая идея, требующая познания объектов и явлений в их становлении и развитии, в свете не только настоящего, но и прошлого и будущего.

Принцип причинности – конкретизация положения диалектики о всеобщей связи явлений; идея, ориентирующая на выявление причинно-следственных связей, поиск статических и динамических закономерностей их действия.

Принцип системности – методологическое положение, касающееся познания объектов как систем (выделение элементов, связей между ними, изучение механизмов функционирования, организации, развития и др.).

Проблема – знание о незнании; организующая основа познания, упорядоченная совокупность вопросов, фиксирующих диспропорции и разрывы на уровнях методологии, научной картины мира, теории, практики. В ходе постановки и решения проблемы вопросы заменяются ответами.

Процесс – последовательная смена явлений (форм) или состояний в движении, изменении, развитии каких-либо объектов.

Развитие – необратимое и направленное, закономерное изменение материальных и идеальных объектов.

Символ – образ (система знаков), который представляет другие образы, отношения и т.п.

Система – совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой, образующих целостное единство; системы могут быть материальными (например, планета) и идеальными (например, теория).

Социализация – осуществляемый в деятельности и общении процесс и результат воспроизводства (усвоения) индивидом социального опыта.

Стиль мышления – система общенаучных норм и идеалов, определяющих систему ценностей в науке (идеальный результат, правильный метод), стереотипы научной деятельности, ее неписанные законы. Стиль мышления связывает науку с культурой.

Сущность – философская категория, выражающая всеобщие, необходимые, устойчивые, закономерные, внутренние связи предметов и явления, воспроизводимые в системе теоретического знания.

Теория – основная форма научного знания, знаковая модель, дающая систематизированное отражение сущности явлений; феномен культуры. Теория включает эмпирические предпосылки (факты, эмпирические обобщения), основания (понятия и законы), следствия; связана с культурой через научную картину мира, философию, стиль мышления.

Факт – единичное или особенное (эмпирическое знание) о свойствах, связях объектов или явлений: получается на основе индукции, в результате обработки материалов наблюдений или экспериментов; факт не является автоматически элементом научного знания, если он не соотнесен с концепцией, теорией или законом.

Форма – внутренняя структура, строение, связь и способ взаимодействия частей и элементов объектов или явлений.

Формализация – познавательный прием выявления и уточнения содержания через выявление и уточнение формы.

Эксперимент – целенаправленное исследование объектов и явлений в установленных условиях, позволяющее конструировать, воспроизводить и наблюдать объекты и явления; результатом эксперимента является: теоретическое понятие, модель, знание; эксперимент опирается на теоретические модели, проводится по разработанной программе, включает: действия планирования, подбора материала, конструирования, наблюдения, измерения, оценки, интерпретации.

Эмпиризм – философское направление, считающее, что чувственный опыт – единственный источник достоверного знания, а содержание знания сводится к описанию опыта.

Эпистемология – теория познания; теория возникновения и функционирования знания; теория знания, т.е. теория строения, состава и структуры систем знаний.

Явление – философская категория, обозначающая внешние свойства и признаки предметов, постигаемые в эмпирическом, чувственном познании.

Именной указатель

Авогадро, Амадео (1776–1856) – итальянский физик и химик, первооткрыватель фундаментального физико-химического закона, названного его именем.

Ампер, Андре-Мари (1775–1836) – французский физик, математик и химик, один из основоположников электродинамики.

Ахутин, Анатолий Валерианович – советский, российский и украинский философ, специалист в области истории науки, философии науки, истории философии, культурологии.

Беккерель, Антуан Анри (1852–1908) – французский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1903), один из первооткрывателей радиоактивности. В честь него названа единица измерения радиоактивности (СИ) – беккерель.

Бертран, Жозеф Луи Франсуа (1822–1900) – французский математик, работавший в области теории чисел, дифференциальной геометрии, теории вероятности и термодинамики.

Богуславский, Михаил Викторович – советский и российский педагог, ведущий в России специалист по методологии, теории и истории образования, педагогический публицист.

Бокль, Генри Томас (1821–1862) – английский историк и социолог-позитивист.

Больцман, Людвиг (1844–1906) – австрийский физик-теоретик, один из основателей статистической физики и физической кинетики.

Бор, Нильс (1885–1962) – датский физик-теоретик и общественный деятель. Лауреат Нобелевской премии по физике (1922). Создатель первой квантовой теории атома и активный участник разработки основ квантовой механики.

Борн, Макс (1882–1970) – немецкий физик-теоретик и математик, один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1954).

Бриджмен, Перси Уильямс (1882–1961) – американский физик и философ; профессор математики и естественной философии; лауреат Нобелевской премии за работы по физике высоких давлений (1946).

Бриллюэн, Леон (1889–1969) – французский и американский физик, основатель современной физики твёрдого тела.

Де Бройль, Луи (1892–1987) – французский физик-теоретик, один из основоположников квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике (1929).

Бунге, Марио (1919–2020) – аргентинский философ и физик.

Бэкон, Фрэнсис (1561–1626) – английский философ периода Позднего Возрождения и начала Нового времени, историк, политик.

Вернадский, Владимир Иванович (1863–1945) – русский и советский учёный-естествоиспытатель, мыслитель и общественный деятель. Один из представителей русского космизма.

Вильсон, Чарлз Томсон Рис (1869–1959) – шотландский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1927, совместно с А. Х. Комптоном).

Винер, Норберт (1894–1964) – американский математик, один из основоположников кибернетики и теории искусственного интеллекта.

Да Винчи, Леонардо (1452–1519) – итальянский художник (живописец, скульптор, архитектор), учёный (естествоиспытатель, изобретатель), писатель, музыкант эпохи Возрождения.

Галилей, Галилео (1564–1642) – итальянский физик, механик, астроном, философ, математик, оказавший значительное влияние на науку своего времени и заложил фундамент классической механики.

Галле, Иоганн Готтфрид (1812–1910) – немецкий астроном.

Гамильтон, Уильям Роуэн (1805–1865) – ирландский математик, механик-теоретик, физик-теоретик.

Гегель, Георг Вильгельм Фридрих (1770–1831) – немецкий философ.

Гёдель, Курт (1906–1978) – австрийский логик, математик и философ математики.

Гейзенберг, Вернер (1901–1976) – немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике (1932).

Гелл-Ман, Марри (1929–2019) – американский физик-теоретик в области элементарных частиц. Лауреат Нобелевской премии по физике (1969).

Герц, Генрих Рудольф (1857–1894) – немецкий физик, один из основоположников электродинамики.

Гиббс, Джозайя Уиллард (1839–1903) – американский физик, физикохимик, математик и механик, один из создателей векторного анализа, статистической физики, математической теории термодинамики.

Гинзбург, Виталий Лазаревич (1916–2009) – советский и российский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике (2003).

Губин, Валерий Борисович – доктор физико-математических наук, автор ряда книг по физике и методологии физики.

Гюйгенс, Христиан (1629–1695) – голландский механик, физик, математик, астроном и изобретатель.

Давыдов, Василий Васильевич (1930–1998) – советский и российский педагог и психолог.

Декарт, Рене (1596–1650) – французский философ, математик и естествоиспытатель, один из основоположников философии Нового времени.

Дильтей, Вильгельм (1833–1911) – немецкий историк культуры и философ-идеалист, представитель философии жизни, литературовед.

Дирак, Поль (1902–1984) – английский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1933, совместно с Э. Шрёдингером).

Друде, Пауль Карл Людвиг (1863–1906) – немецкий физик, заложил основы классической электронной теории металлов.

Дэвиссон, Клинтон Джозеф (1881–1958) – американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1937, совместно с Дж. Томсоном), открыл волновую природу электрона.

Ильенков, Эвальд Васильевич (1924–1979) – советский философ.

Инфельд, Леопольд (1898–1968) – польский физик-теоретик.

Исаев, Евгений Иванович – доктор психологических наук.

Кант, Иммануил (1724–1804) – немецкий философ, один из центральных мыслителей эпохи Просвещения.

Карри, Хаскелл Брукс (1900–1982) – американский математик и логик.

Кеплер, Иоганн (1571–1630) – немецкий математик, астроном, механик, оптик, первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы.

Кирхгоф, Густав (1824–1887) – немецкий физик и педагог XIX века. Работы посвящены электричеству, механике, оптике, математической физике, теории упругости, гидродинамике; ввел в физику понятие абсолютно черного тела.

Кондаков, Николай Иванович (1900–1984) – советский специалист в области логики.

Коперник, Николай (1473–1543) – польский и немецкий астроном, математик, механик, экономист, каноник эпохи Возрождения. Наиболее известен как автор гелиоцентрической системы мира.

Копнин, Павел Васильевич (1922–1971) – советский философ, гносеолог и логик, доктор философских наук.

Кун, Томас (1922–1996) – американский историк и философ науки.

Курчатов, Игорь Васильевич (1903–1960) – советский ученый-физик, научный руководитель советского атомного проекта.

Кювье, Жорж Леопольд (1769–1832) – французский естествоиспытатель, натуралист.

Кюри, Пьер (1859–1906) – французский учёный-физик, один из первых исследователей радиоактивности, лауреат Нобелевской премии по физике (1903).

Лагранж, Жозеф Луи (1736–1813) – французский математик, астроном и механик итальянского происхождения.

Ландау, Лев Давидович (1908–1968) – советский физик-теоретик. Лауреат Нобелевской премии по физике (1962). Его именем назван Институт теоретической физики РАН.

Лаплас, Пьер-Симон (1749–1827) – французский математик, механик, физик и астроном; один из создателей теории вероятностей.

Леверье, Урбен Жан Жозеф (1811–1877) – французский математик, занимавшийся небесной механикой.

Лейбниц, Готфрид Вильгельм (1646–1716) – немецкий философ-идеалист, логик, математик, механик, физик и изобретатель, юрист, историк, дипломат, изобретатель и языковед.

Лекторский, Владислав Александрович – советский и российский философ, специалист в области теории познания, психологии и философии науки.

Лихтенберг, Георг Кристоф (1742–1799) – немецкий учёный, философ и публицист.

Лобачевский, Николай Иванович (1792–1856) – русский математик, один из создателей неевклидовой геометрии.

Ломоносов, Михаил Васильевич (1711–1765) – гениальный русский учёный-естествоиспытатель, химик, физик, художник, историк, поэт и писатель, общественный деятель.

Лоренц, Хендрик (Гендрик) (1853–1928) – нидерландский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике (1902, совместно с П. Зеemanом). Известен, прежде всего, своими работами в области электродинамики и оптики.

Майкельсон, Альберт Абрахам (1852–1931) – американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1907) «за создание точных оптических инструментов и спектроскопических и метрологических исследований, выполненных с их помощью».

Максвелл, Джеймс Клерк (1831–1879) – выдающийся английский физик, создатель классической электродинамики, один из основателей статистической физики.

Менделеев, Дмитрий Иванович (1834–1907) – русский учёный-энциклопедист: химик, физикохимик, физик, метролог, экономист, технолог, геолог, метеоролог, нефтяник, педагог, воздухоплаватель, приборостроитель.

Мигдал, Аркадий Бейнусович (1911–1991) – советский физик-теоретик.

Милликен, Роберт Эндрюс (1868–1953) – американский физик. Среди наград – Нобелевская премия по физике (1923) за работы в области фотоэлектрического эффекта и за измерения заряда электрона.

Моисеев, Никита Николаевич (1917–2000) – советский и российский учёный в области общей механики и прикладной математики. Основатель и руководитель целого ряда научных школ.

Де Мопертюи, Пьер Луи (1698–1759) – французский математик, естествоиспытатель, механик, астроном, физик и геодезист.

Мостепаненко, Михаил Васильевич (1909–2002) – специалист по философским вопросам физики, философии и методологии науки.

Мултановский, Вячеслав Всеволодович (1927–2000) – советский и российский физик, педагог, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

Налимов, Василий Васильевич (1910–1997) – советский и российский математик, философ.

Николис, Грегуар – известен своими трудами по неравновесной статистической механике, автор ряда книг.

Новиков, Александр Михайлович (1941–2013) – российский учёный-педагог, специалист по методологии, педагогике и теории образования.

Ньютон, Исаак (1643–1727) – английский физик, математик, механик и астроном, один из создателей классической физики.

Ом, Георг Симон (1789–1854) – немецкий физик. Его именем названа единица электрического сопротивления – Ом.

Орлов, Владимир Алексеевич – педагог, автор учебников и пособий по физике.

Павлов, Иван Петрович (1849–1936) – русский и советский учёный, физиолог, создатель науки о высшей нервной деятельности, физиологической школы; лауреат Нобелевской премии в области физиологии (1904).

Паули, Вольфганг (1900–1958) – швейцарский физик-теоретик, работавший в области физики элементарных частиц и квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1945).

Пенроуз, Роджер – британский физик, математик и философ, работающий в различных областях математики, общей теории относительности и квантовой теории. Среди наград – Нобелевская премия по физике (2020).

Планк, Макс (1858–1947) – немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1918).

Поппер, Карл (1902–1994) – австрийский и британский философ, социолог, основоположник философской концепции критического рационализма.

Пригожин, Илья Романович (1917–2003) – бельгийский физик и физико-химик российского происхождения. Лауреат Нобелевской премии по химии (1977).

Пуанкаре, Жюль Анри (1854–1912) – французский математик, механик, физик, астроном и философ. Историки его причисляют к величайшим математикам всех времён.

Разумовский, Василий Григорьевич (1930–2017) – советский и российский учёный в области школьного образования, методист и педагог, доктор педагогических наук, профессор, академик РАО.

Рассел, Бертран (1872–1970) – британский философ, логик, математик и общественный деятель. Одна из наград – Нобелевская премия по литературе (1950).

Резерфорд, Эрнест (1871–1937) – британский физик новозеландского происхождения; отец ядерной физики. Лауреат Нобелевской премии по химии (1908).

Рузавин, Георгий Иванович (1922–2012) – советский и российский специалист по логике философии и методологии науки.

Седов, Леонид Иванович (1907–1999) – советский, российский физик, механик и математик.

Склодовская-Кюри, Мария (1867–1934) – польская и французская учёная-экспериментатор (физик, химик), педагог, общественная деятельница. Среди наград – Нобелевские премии по физике (1903), по химии (1911), является первой женщиной – нобелевским лауреатом и первым дважды нобелевским лауреатом в истории.

Слободчиков, Виктор Иванович – советский и российский психолог.

Стенгерс, Изабель – бельгийский философ.

Стёпин, Вячеслав Семёнович (1934–2018) – советский и российский философ, организатор науки, специалист в области теории познания, философии и методологии науки, философии культуры, истории науки.

Столетов, Александр Григорьевич (1839–1896) – выдающийся русский учёный-физик, российский деятель культуры и педагог.

Тесла, Никола (1856–1943) – изобретатель в области электротехники и радиотехники сербского происхождения, учёный, инженер, физик.

Тимирязев, Климент Аркадьевич (1843–1920) – русский естествоиспытатель, специалист по физиологии растений.

Томсон, Джозеф Джон (1856–1940) – английский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1906) с формулировкой «за исследования прохождения электричества через газы».

Томсон, Джордж Паджет (1892–1975) – английский физик, нобелевский лауреат «за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах» (1937, совместно с Д. Дэвиссоном).

Томсон, Уильям лорд Кельвин (1824–1907) – британский физик, механик и инженер. Известен своими работами в области термодинамики, механики, электродинамики.

Уайтхед, Альфред Норт (1861–1947) – британский математик, логик, философ.

Умов, Николай Алексеевич (1846–1915) – русский физик-теоретик, философ.

Ушинский, Константин Дмитриевич (1823–1870) – русский педагог, писатель, основоположник научной педагогики в России.

Уэллс, Герберт Джордж (1866–1946) – английский писатель и публицист.

Фарадей, Майкл (1791–1867) – английский физик и химик, основоположник учения об электромагнитном поле.

Фейнман, Ричард (1918–1988) – американский учёный-физик, биолог; один из создателей квантовой электродинамики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1965, совместно с С. Томонагой и Дж. Швингером).

Ферми, Энрико (1901–1954) – итальянский и американский физик, внёсший большой вклад в развитие ядерной физики, физики элементарных частиц, квантовой и статистической механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1938).

Фреге, Готлоб (1848–1925) – немецкий логик, математик и философ.

Хаас, Харальд – немецкий профессор, инженер мобильной связи в университете Эдинбурга, придумал термин Li-Fi.

Хиггс, Питер – британский физик-теоретик, профессор Эдинбургского университета; лауреат Нобелевской премии по физике (2013) за предсказание бозона Хиггса.

Хофштадтер Роберт (1915–1990) – американский физик-экспериментатор, лауреат Нобелевской премии по физике (1961) года «за основополагающие исследования по рассеянию электронов на атомных ядрах и связанные с ними открытия в области структуры нуклонов».

Цвейг, Джордж – американский физик и нейробиолог.

Циолковский, Константин Эдуардович (1857–1935) – русский и советский учёный-автодидакт, разрабатывавший теоретические вопросы космонавтики, мыслитель, занимавшийся философскими проблемами освоения космоса.

Ле Шателье, Анри Луи (1850–1936) – французский физик и химик.

Шредингер, Эрвин Рудольф Йозеф Александр (1887–1961) – австрийский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1933).

Штофф, Виктор Александрович (1915–1984) – отечественный философ, занимавшийся вопросами построения научных моделей в области науки, специалист по теории познания, методологии науки.

Щедровицкий, Георгий Петрович (1929–1994) – советский и российский философ, методолог, общественный и культурный деятель.

Эйнштейн, Альберт (1879–1955) – физик-теоретик, один из основателей современной теоретической физики, лауреат Нобелевской премии по физике (1921), общественный деятель-гуманист.

Эмпедокл (ок. 490 до н. э.– ок. 430 до н. э.) – древнегреческий философ, государственный деятель.

Энгельс, Фридрих (1820–1895) – немецкий политический деятель, философ, историк.

Эсаки, Лео – японский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1973, совместно с А. Джайевером), «за экспериментальные открытия туннельных явлений в полупроводниках и сверхпроводниках».

Якоби, Борис Семёнович (1801–1874) – немецкий и русский физик-изобретатель. Прославился открытием гальванопластики. Построил первый электродвигатель; телеграфный аппарат, печатающий буквы.

Ясперс, Карл Теодор (1883–1969) – известный немецкий философ, психолог.

Библиография

1. Атепалихин М.С., Сауров Ю. А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
2. Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
3. Бэкон, Ф. Сочинения: в 2 т. – М.: Мысль, 1972. – Т. 2, 581с.
4. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. – М., 1961. – 151с.
5. Бранский В.П. Теория элементарных частиц как объект методологического исследования. – М.: Изд-во КомКнига, 2005. – 257 с.
6. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. – М.: Мир, 1972. – 145 с.
7. Бройль де Луи. По тропам науки. – М., Издательство иностранной литературы, 1962. – 380 с.
8. Бунге М. Философия физики. – М.: Прогресс, 1975. – 347 с.
9. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977. – 272 с.
10. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
11. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – 528 с.
12. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
13. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.). – М.: Высш. шк., 1989. – 576 с.
14. Готт В.С. Философские вопросы современной физики: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 343 с.
15. Гоффман Б. Корни теории относительности. – М.: Знание, 1987. – 256 с.
16. Губин В.Б. О физике, математике и методологии. – М.: ПАИМС, 2003. – 321 с.
17. Гутнер Л.М. Методологические проблемы измерения. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 136 с.
18. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
19. Дирак П. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971. – 243 с.
20. Дирак П. Пути физики. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 88 с.
21. Иванов В.Г. Физика и мировоззрение. – Л.: Наука, 1975. – 118 с.
22. Кобзарев И.Ю. Ньютон и его время. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
23. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1976. – 720 с.
24. Копнин П.В. Гносеологические и логические основы науки. – М.: Мысль, 1974. – 568 с.
25. Кузнецов Б.Г. Эйнштейн. Жизнь. Смерть. Бессмертие. – М.: Наука, 1979. – 680 с.
26. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 608 с.
27. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.
28. Эпистемология вчера и сегодня / отв. ред. В.А. Лекторский. – М. ИФРАН, 2010. – 188 с.
29. Малинин А.Н. Методы физического познания (философский и дидактический аспекты). – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 1999. – 170 с.
30. Мостепаненко М.В. Философия и физическая теория. – Л.: Наука, 1969. – 239 с.
31. Мощанский В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
32. Мултановский В.В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
33. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. М.: Наука, 1977. – 344 с.
34. Планк М. Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966. – 284с.
35. Покровский Г.И., Слабкий Л.И. Физика в технике. – М: Воениздат, 1963. – 88 с.
36. Паули В. Физические очерки. – М., 1975. – 256 с.
37. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983. – 605 с.

38. Поппер К. Предположения и опровержения. – М.: «Изд-во АСТ», 2004. – 638 с.
39. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Наука, 1986. – 432 с.
40. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
41. Раджабов О.Р. Философия физической картины мира. – М.: «Канон+ РООИ «Реабилитация», 2016. – 304 с.
42. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
43. Рузавин Г.И. Научная теория: Логико-методологический анализ. – М.: Мысль, 1978. – 224 с.
44. Рузавин Г.И. Методология научного познания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 287 с.
45. Сауров Ю.А., Сауров С.Ю. Научные картины мира: элементы. – Киров, 2006. – 192 с.
46. Сауров Ю.А. Основы методологии методики обучения физике: монография. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. – 196 с.
47. Слово о науке. Сб.; сост. Е.С. Лихтенштейн. – М.: Знание, 1976. – 303 с.
48. Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: «Прогресс–Традиция», 2000. – 744 с.
49. Степин В.С. Философия науки. – М.: Гардарики, 2006. – 384 с.
50. Степин В.С., Кузнецова Л. Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М.: 1994. – 274с.
51. Уемов А.И. Логические основы метода моделирования – М.: Мысль, 1971. – 262 с.
52. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1976. – Ч. 1-2. – 439 с.
53. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
54. Швырев В.С. Научное познание как деятельность. – М.: Политиздат, 1984. – 232 с.
55. Швырев В.С. Анализ научного познания: теория, методология, проблемы. – М.: Наука, 1988. – 176 с.
56. Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.; Л.: Наука, 1966. – 302 с.
57. Штофф В.А. Проблемы методологии научного познания: монография. – М.: Высшая школа, 1978. – 269 с.
58. Щедровицкий Г.П. Избранные труды. – М.: Школа культурной политики, 1995. – 800 с.
59. Щедровицкий Г.П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.
60. Щедровицкий Г.П. Психология и методология. – М.: Путь, 2004. – 368 с.
61. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 599 с.
62. Эйнштейн А. Влияние Максвелла на развитие представлений о физической реальности. Собр. науч. тр. Т. 4. – М., 1967. – 600 с.
63. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М., 1965. – 125 с.
64. Юдин Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.

Учебное издание

Сауров Юрий Аркадьевич
Первощиков Денис Владимирович

Физические картины мира

Учебно-методическое пособие

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка Е.В. Харунжевой
Дизайн обложки – А.А. Харунжевой

Подписано в печать 02.02.26.

Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 7,8.

Тираж 300.

Заказ 08.

ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610029, г. Киров, пос. Ганино, ул. Северная, д. 49А
E-mail: raduga-press@list.ru
<http://www.raduga-press.com>

Отпечатано в полиграфическом цехе
ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС» т. +7(912)828 45-11