

О.Д. Хвольсон

Физика наших дней

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
О-11

О-11 **О.Д. Хвольсон**
Физика наших дней / О.Д. Хвольсон – М.: Книга по Требованию, 2023. –
354 с.

ISBN 978-5-458-57521-8

ISBN 978-5-458-57521-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Опечатки, допущенные по небрежности типографии.

				Напечатано	Следует
Стр. 175,	2 строка	снизу		0,0241 A	0,0241 Å
"	"	"	"	0,0168 A	0,0168 Å
"	191,	1	сверху	2500 A	2500 Å
"	191,	4	"	4360 A	4360 Å
"	191,	6	"	3800 A	3800 Å
"	192,	11	снизу	2000 A	2000 Å
"	193,	8	"	4000 A	4000 Å
"	194,	3	сверху	6000 A	6000 Å
"	199,	5	снизу	2536,7 A	2536,7 Å
"	203,	16	сверху	2536,7 A	2536,7 Å
"	280,	17	снизу	58,8 A	58,8 Å
"	280,	17	"	75 A	75 Å
"	224,	18	"	активный C ¹ (10 ⁻ сек)	активный C ¹ (10 ⁻³ сек.)
"	272,	3	сверху	4678 A	4678 Å

К ВОСЬМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ОРЕСТА ДАНИИЛОВИЧА ХВОЛЬСОНА.

5 декабря 1932 г. Оресту Данииловичу Хвольсону исполнилось 80 лет. Выдающийся ученый, профессор, не знающий себе равного в искусстве изложения трудных вопросов, автор всемирно известного шеститомного курса физики, учитель ряда поколений русских физиков, Орест Даниилович пользуется широкой заслуженной известностью во всем ученом мире.

Культурное значение его почти шестидесятилетней научной и просветительной деятельности исключительно велико. Его многочисленные научные исследования (около 40 напечатанных работ), охватывающие самые разнообразные вопросы физики, дают ему право на почетное место среди мировых ученых. Однако, не только собственные научные работы составляют заслугу О. Д. Хвольсона. Орест Даниилович очень упрочил за собой имя исключительного лектора, одного из лучших профессоров Университета. Широкая эрудиция, необыкновенная требовательность к себе и к своей работе, строгое соответствие ее с уровнем современной науки, замечательная ясность изложения трудных вопросов и наряду с этим простота и доступность изложения, таковы отличительные черты О. Д. Хвольсона как лектора и профессора.

Чем-то до крайности элементарным, „доисторическим“ представляется нам университетское преподавание тех лет, когда Орест Даниилович сам был студентом. Закон сохранения энергии был чуть ли не последним достижением науки, термодинамика только возникала и курсы по теоретической физике почти не читались в университетах. Большой заслугой Ореста Данииловича было то, что он в ряде разнообразных курсов, читанных им в течение более 50 лет, поднял университетское преподавание до высот современной науки.

Обладая исключительным даром изложения, Орест Даниилович много сделал для популяризации физики. Огромное число докладов, обзоров, популярных лекций, несколько сот статей и около трех десятков книг свидетельствуют о его работе в этом направлении. Всякий новый вопрос, как бы сложен он ни был, почти непосредственно после своего возникновения излагается Орестом Данииловичем в популярной форме.

Выпускаемая ГТТИ 4-м изданием „Физика наших дней“ лучшим образом характеризует Ореста Данииловича как популяризатора, умеющего излагать самые трудные вопросы современной физики доступно и понятно широкой читательской массе. Это пожалуй единственная на русском языке книга, действительно вводящая неспециалиста-физика в круг проблем современной физики.

Популяризация физики расширила аудиторию Ореста Данииловича Хвольсона далеко за пределы Ленинградского университета. Но

Оресту Даниловичу было суждено расширить свою аудиторию до размеров всего ученого мира, когда в 1895 г., т. е. 37 лет тому назад, он приступил к тому, что с тех пор является главным делом его жизни — к написанию первого большого курса физики на русском языке.

При быстром развитии физики, задача, за которую взялся Орест Данилович Хвольсон, казалась совершенно невыполнимой для одного лица. И в западно-европейской литературе мы видим переход к энциклопедиям с разделением материала курса по главам, составляемым рядом авторов. Одновременные с Орестом Даниловичем попытки некоторых западно-европейских ученых написать единолично курс неизменно кончались неудачей и обрывались на первом томе.

Но Орест Данилович, после тридцатилетнего труда, справился со своей задачей и притом с исключительным успехом. Только небольшое число глав в учении об электричестве и магнетизме написаны другими лицами.

По единодушным отзывам европейской и советской критики курс Ореста Даниловича должен быть поставлен наравне с лучшими иностранных курсами. Он выдержал 5 русских, 3 немецких, 2 французских и 1 испанское издание. Высокий уровень физических знаний советских научных работников в значительной степени определяется курсом Ореста Даниловича.

В настоящее время в возрасте почти 80 лет Орест Данилович задумал и успешно выполняет предприятие, трудность которого могут оценить только лица, знакомые со стремительным ростом физики наших дней.

Задумав 6-е издание своего курса, он в корне переработал весь первый том,¹ почти не оставив в нем ничего из прежнего содержания, и включил все современные вопросы, с целью непосредственного введения приступающих к изучению физики в круг тех понятий, которые именно и составляют содержание современной науки. Глубокое уважение внушает такая непреклонная работоспособность и такая неувядающая свежесть научного восприятия.

Издательство.

Ленинград.
Декабрь, 1932 г.

¹ Первый том переработанного „Курса физики“ в настоящее время находится в печати и выйдет в свет в ближайшем будущем.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ.

Всем известно, что физика в текущем столетии, вернее говоря начиная с 1895 г., подверглась коренному преобразованию, огромной эволюции. За немногие годы (1895—1900) были открыты лучи Рентгена, радиоактивные вещества, явление Земана, и впервые появилось понятие о квантах, ныне господствующее во всех отделах физики. За эти годы был, однако, только положен фундамент новой науки, которая выросла за текущее столетие в грандиозное здание.

Эволюция физики заключается в следующем. Были открыты многочисленные совершенно новые явления. Были найдены общие основы у таких явлений, которые казались ничем между собой не связанными. Возникли новые теории, объясняющие обширные группы явлений и дающие возможность глубоко заглянуть в те закулисные, недоступные нашему непосредственному наблюдению области, в которых действуют первоисточники того, что мы в состоянии наблюдать, исследовать и применять для технических целей; достаточно привести один пример: учение о строении атома.

Все эти достижения обогатили науку большим числом новых понятий и соответствующих им новых терминов. Эти понятия и термины постепенно проникают в обширные массы неспециалистов по физике. Они встречаются в статьях, хотя и не назначенных для знатоков физики, но не всегда написанных в общедоступном виде, и кроме того, разбросанных по многочисленным журналам.

Нет сомнения, что весьма велико у нас число лиц, которые не только часто слышат о новых достижениях физики, но и интересуются ими и желали бы с ними познакомиться. Специальные сочинения им мало или вовсе недоступны, прежде всего вследствие того, что они не только не знакомы с высшей математикой, но успели основательно позабыть многие части школьной алгебры и геометрии, как, напр., тригонометрию. Цель этой книги идти навстречу запросам таких лиц. Чтобы достигнуть этой цели, книга не должна иметь характера учебника, который необходимо изучать по порядку, с начала до конца. Читатель должен иметь возможность легко найти любой интересующий его вопрос и познакомиться с ним, не прочитывая предварительно ряда предыдущих глав. Для этого допущены в некоторых местах этой книги краткие повторения того, что раньше было подробно изложено. Кроме того, в тексте очень много ссылок на предшествующие места. Подробно составленный указатель в конце книги дает читателю возможность легко найти тот специальный вопрос или тот термин, с которым он желает познакомиться.

Математикой удалось в этой книге, можно сказать, вовсе не пользоваться. Встречаются самые простые равенства, которые никого не затрудняют, кто знает, что величины можно обозначать буквами.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.

В этом издании я добавил две статьи: „Разгадка вопроса о небулии“ и „Явление Рамана, Мандельштама и Ландсберга“, и значительно расширил статью о космических лучах (лучах Гесса). Кроме того, введено свыше 40 мелких добавлений. Весь новый текст составляет около двух печатных листов. Текст первого издания тщательно просмотрен; из него исключено небольшое число страниц. Главу XV я оставил почти без изменения, хотя в настоящее время уже начинает выясняться возможность популярного изложения некоторых основ и достижений нозой микромеханики. Но эта задача очень трудная, и я откровенно сознаюсь, что до сих пор у меня еще не сложился план такого изложения.

Проф. О. Хвольсон.

Ленинград.
Апрель 1929 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ.

Это издание существенно отличается от предыдущих. Кроме ряда более мелких добавлений, я, во-первых, написал новую главу „Электронная теория металлов“, во-вторых, весьма значительно увеличил объем главы, посвященной новой микромеханике. Это дало мне возможность, как бы попутно, рассмотреть целый ряд вопросов, напр., изложить учение Эйнштейна об относительности времени.

Проф. О. Хвольсон.

Ленинград.
Апрель 1930 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ЧЕТВЕРТОМУ ИЗДАНИЮ.

Подготавливая это издание, я обратил главное внимание на изложение наиболее важных научных достижений за истекшие два года. Многие добавления относятся и к предыдущим годам, начиная с 1928 г.; текст увеличен примерно на полтора печатных листа.

Проф. О. Хвольсон.

Ленинград.
Август 1932 г.

Глава первая.

ВВЕДЕНИЕ.

Великие успехи физики в XX столетии, вернее говоря — с 1895 г., заключаются, прежде всего, в открытии целого ряда *совершенно новых* явлений, т. е. таких, которые не представляют видоизменений, расширений или обобщений ранее известных. Рядом с этими открытиями в теснейшей с ними связи находится возникновение *новых теорий*, т. е. попыток дать объяснение более или менее обширных групп физических явлений, исходя из определенных, гипотетически установленных предположений об основных причинах рассматриваемой группы явлений. Эти теории представляют попытки проникнуть в закулисную, нашему непосредственному наблюдению недоступную область первоисточников данной группы физических явлений с их качественными характеристиками и количественными закономерностями. Параллельно с открытием новых явлений и созданием новых теорий шло грандиозное развитие физики *экспериментальной*. Все эти научные успехи дали нам новое *миропонимание*. Их совокупность привела нас к тому, что создалась новая физика XX столетия, глубоко отличающаяся от физики конца столетия истекшего (до 1895 г.). Это как бы две науки, различающиеся не только своим фактическим содержанием, но, что особенно важно, тем духом, которым, прежде всего, определяются основные черты нашего физического миропонимания.

Новые открытия и новые веяния относятся к ряду различных глав старой физики; они же создали большое число новых глав этой науки, характерной для новой физики. При этом новые теории дают себя чувствовать почти во всех частях старой физики, влияя на способ объяснения соответствующих им явлений, а иногда и на методы их дальнейшего исследования, т. е. на те основные мысли, которыми руководствуются исследователи при их научной, творческой работе. В настоящее время все части физики находятся в тесном взаимодействии, они сплетены между собою, их границы постепенно ступшевываются, а в будущем, может быть и не очень близком, вырисовывается картина физики, как единого целого, обнимающего всю совокупность свойств неорганизованной, т. е. мертвой материи, тех явлений, которые в этой материи обнаруживаются, и тех закономерностей, которым они подчиняются. Иную картину представляла старая физика, состоявшая из отдельных частей, резко друг от друга отделенных, с немногими и как бы случайными связями, которые нередко казались чисто формальными, отнюдь не представляясь следствием каких-либо более глубоких, скрытых причин.

Огромные успехи обнаружила, как сказано, и физика *экспериментальная*. Прежде всего подверглись коренным преобразованиям те

многочисленные *измерительные приборы*, которыми располагала старая физика. Эти приборы были усовершенствованы, в результате чего достижимая при их помощи точность измерений чрезвычайно возросла. Когда приборы несовершенны, грубы, они дают мало точные результаты. В этом случае ошибки измерений велики и могут совершенно замаскировать те небольшие изменения измеряемой физической величины, которые вызываются слабо влияющими причинами, вследствие чего наличие этих причин, может быть и весьма интересным и важным, остается незамеченной. Чем точнее прибор, или как обычно говорят, чем он *чувствительнее*, тем скорее можно надеяться при его помощи открыть такие действующие в природе причины, которые, хотя и влияют слабо, но наличие и законы действия которых могут для науки оказаться весьма важными и, в конце концов, привести к возникновению новых глав физики, а также существенно видоизменить те или другие теоретические построения. Рядом с усовершенствованием приборов, служащих для измерения давно известных физических величин, шло изобретение, а затем также постепенное усовершенствование *новых приборов*, задача которых заключается в измерении тех многочисленных физических величин, с которыми познакомились ученые в связи с открытием новых явлений.

При практической работе в физических лабораториях и институтах играют большую роль разного рода *вспомогательные приборы*, которые служат не для измерений физических величин, но для различных *манипуляций*, необходимых при многих физических исследованиях. И здесь мы видим, что, с одной стороны, произошло существенное усовершенствование тех вспомогательных приборов, которыми пользовалась старая физика, а с другой стороны — в обиход лабораторной практики вошли некоторые новые, весьма полезные приборы, облегчающие те или другие из встречающихся манипуляций. Приведем по одному примеру тех и других вспомогательных приборов. Всем известно, какую роль еще в старой физике играли *воздушные насосы*, которые правильнее было бы назвать насосами газовыми; они служат для выкачивания, вернее говоря, для разрежения воздуха или иного газа, наполняющего какой-либо сосуд. Когда-то в распоряжении экспериментаторов находились только поршневые насосы, которые, при затрате огромной работы, давали возможность довести газ до давления в полмиллиметра ртутного столба. Затем были, еще в XIX столетии, построены ртутные насосы, при помощи которых можно было достигнуть тысячной доли миллиметра, причем, однако, требовалось весьма продолжительное действие насоса. В XX столетии был изобретен целый ряд новых методов разрежения газа и были построены и затем все более и более усовершенствованы насосы, соответствующие этим методам. Новые насосы действуют весьма быстро и дают возможность довести давление до одной стомиллионной — и даже еще меньшей — доли миллиметра ртутного столба. Из совершенно новых вспомогательных приборов упомянем только о чудесной катодной лампе, которая получила обширное применение как детектор и усилитель в радиотехнике. Эта же лампа может служить как выпрямитель и как генератор переменного тока.

Развитие экспериментальных методов привело к осуществлению целого ряда явлений, в возможности существования которых наука

была давно более или менее уверена, но воспроизвести которые она была бессильна. Приведем один пример. В XIX столетии удалось перевести в жидкое и даже в твердое состояние почти все те вещества, которые, при обычных — напр., комнатных — температурах находятся в газообразном состоянии. При этом была достигнута температура примерно в -190°Ц и были ожижены, а затем и приведены в твердое состояние все газы, кроме водорода и гелия. В XX веке достижение весьма низких температур шло так успешно, что удалось получить температуру примерно в $-272,2^{\circ}\text{Ц}$, которая отстоит от так наз. *температуры абсолютного нуля* ($-273,1^{\circ}\text{Ц}$) всего на $0,9^{\circ}\text{Ц}$! Это достижение относится к 1925 г. Гораздо раньше удалось превратить водород в жидкое, а затем и в твердое состояние, а также ожижить гелий. Наконец было получено и затвердевание гелия (1926). Однако, огромное значение достижения чудовищно низких температур заключается далеко не только в том, что экспериментальная физика подтвердила давно предполагавшуюся возможность перехода всех газов в жидкое и твердое состояние. Несравненно важнее то, что в связи с постепенной выработкой методов получения все более и более низких температур возникла новая наука „*физика низких температур*“, изучающая свойства материи и происходящие в ней явления при совершенно новых условиях, а именно при температурах не только ниже -190° , но весьма близко подходящих к абсолютному нулю. Почти все главы физики были таким образом обогащены новыми данными. При этом был получен целый ряд поразительных новых фактов, отчасти совершенно неожиданных и даже как раз противоположных тому, что ученые раньше предполагали найти при низких температурах.

Мы выше упомянули о вспомогательных приборах. В виде дальнейшего примера укажем на приборы — вернее машины, служащие для *добывания жидкого воздуха*. Эти машины ныне доведены до такого совершенства, что они, в сравнительно короткий срок, дают весьма большие количества жидкого воздуха. Они в настоящее время чрезвычайно распространены, и их можно найти в каждой физической лаборатории, оборудование которой соответствует современным научным требованиям. Несравненно реже встречаются машины для добывания *жидкого водорода*. Наконец, машины, дающие возможность получить жидкий гелий, имеются сейчас (1932) только в трех местах: в Лейдене (Голландия), в Берлине и в Торонто (Канада).

Физика XX столетия особенно грандиозно расширила и глубочайше преобразовала учения об *электричестве и лучистой энергии*, причем эти две главы физики слились в одно нераздельное целое. Эти глубокие изменения повлияли, прежде всего, на *молекулярную физику*. Задача последней заключается в изучении тех свойств газообразных, жидких и твердых тел, которые наука стремится объяснить молекулярным строением материи. Здесь возникло учение о *строении атома* и, в теснейшей с ним связи, новое учение о *спектрах*. Упомянем еще об одном из интереснейших достижений молекулярной физики, о разгадке внутреннего *строения кристаллов*, которое оказалось совсем другим, чем предполагалось старой наукой. Не останавливаемся здесь на других отделах физики, в которых чувствуется действие новых открытий и новых теорий.

Новый отдел физики возник в 1925 г. Его называют, в зависимости от некоторых, отчасти чисто внешних, отчасти более внутренних признаков, либо *волновой механикой*, либо *квантовой механикой*; более правильным и как бы всеобъемлющим представляется название *микромеханика*, ибо эта новая наука имеет дело с механикой прежде всего тех явлений, которые происходят в атомах и молекулах. По своему характеру, в особенности же по своим методам рассуждения, она представляет нечто совершенно новое, можно сказать — странное, с чем освоиться и к чему привыкнуть представляет весьма и весьма трудную задачу. Однако блестящие добытые ею результаты, чудовищно быстрое ее развитие ясно показывают, что новая наука на верном пути, хотя ее основы несомненно еще будут подлежать дальнейшей обработке, выяснению и, что особенно важно, упрощению. Если, в чем нельзя сомневаться, ее победоносное шествие будет продолжаться и дальше, если область вопросов, подвергаемых ею новому методу изучения, будет шириться, то она наложит на физику XX столетия свою печать, даст ей новое направление и поведет ее к новым великим победам. Ввиду колоссальных математических трудностей, я в первых двух изданиях этой книги ограничился изложением основ первых работ Л. де Бройля (Louis de Broglie), получившего в 1929 г. за них премию Нобеля, и весьма общими словами характеристики микромеханики. В этом издании я делаю попытку несколько глубже войти в сущность новой науки.

Особняком стоит одно из величайших достижений современной физики — *принцип относительности*. В этой книге мы о нем говорить не будем, так как краткое его изложение невозможно и так как на русском языке существует достаточное число книг, посвященных изложению этого принципа.

Успехи физики отразились и на других науках, прежде всего на *химии* и на том отделе астрономии, который возник еще в прошлом столетии и известен под названием *астрофизики*.

Глава вторая.

МАТЕРИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ЭНЕРГИЯ И МАССА.

§ 1. МАТЕРИЯ.

В этой главе мы сначала не будем касаться новых взглядов на взаимоотношение, вернее говоря, тождество материи и электричества. Пусть это пока будут для нас два обособленных мира, каковыми они и казались примерно до 1913 г.

Всем, конечно, хорошо известно, что материя (вещество), из которой состоят окружающие нас тела, бывает двух родов: вещества *простые*, или *элементы*, и вещества *сложные*, или *соединения* (точнее — химические соединения). Весьма часто говорят о *телах* простых и сложных; но такое выражение неточно, так как „тело“ есть понятие более общее; тело может состоять из множества различных веществ. Элементы состоят из *атомов*, которые, для каждого данного элемента, до недавнего времени считались безусловно одинаковыми. Что это неверно, будет указано в этом же параграфе.