

И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, Ю. М. Сосновский
О ПРЕПОДАВАНИИ РАЗДЕЛА «ВОЛНЫ» В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В статье, в основном, обсуждается вопрос, в каком смысле используется термин «волна» при преподавании общей физики в техническом ВУЗе. С этой целью проанализированы тексты основных учебников физики для технических ВУЗов, а также нескольких других книг. Анализ проводится на базе концепции «физических частей речи», предложенных двумя из авторов в предыдущих работах. Показано, что термин «волна» используется в учебниках в трёх смыслах, причём из контекста не всегда ясно, какой именно из трёх имеют в виду авторы. Во-первых, термин «волна» используется для обозначения физического явления, то есть колебаний в упругой среде или на границе раздела сред (волны на поверхности воды), которые сопровождаются переносом энергии без заметного переноса вещества. Сюда попадают звуковые волны, сейсмические волны и т.п. Во-вторых, слово «волна» означает модель (например, «монохроматическая волна», «плоская волна», «бегущая волна», «стоячая волна»). Сюда мы относим и электромагнитные волны: это видно хотя бы потому, что они не требуют для своего распространения никакой среды. Наконец, в-третьих, слово «волна» означает базовое физическое понятие: например, волна де Бройля, волна вероятности, волновые свойства электромагнитного излучения. Нам предстоит увидеть, что при изучении соответствующего раздела в курсе общей физики в техническом ВУЗе необходимо всякий раз подчёркивать, о чём, собственно, идёт речь. Это позволит сделать обучение студентов физике более эффективным и приблизит его к окружающей их физической реальности.

Ключевые слова: преподавание физики во ВТУЗе, упругие волны, электромагнитные волны, волны вероятности, базовые понятия физики, физические части речи.

Введение
 Одной из целей реализуемого в настоящее время национального проекта «Образование» [16, с. 1] является усиление ориентации высшего образования на промышленность и инновации. По нашему мнению, для достижения этой цели необходимо приблизить преподавание физики к реальности, окружающей обучаемого. Изучение темы «Волны» курса общей физики в технических ВУЗах, по нашему мнению, в настоящее время сильно удалено от реальности. В самом деле, звуковые волны обсуждаются не в каждом учебнике, а волны на воде – единственные, которые каждый студент видел своими глазами, вообще не изучаются. Мы уже обращались к вопросу о том, что преподавание физики в технических ВУЗах вообще недостаточно связано с окружающей студентов (да и преподавателей) реальностью [5, с. 97]. Недаром, часто в дискуссиях с коллегами приходится слышать: «Да мы же преподаём только модели!».

Чтобы сформулировать второй недостаток, напомним читателю, что в работах [7, с. 149], [9, с. 130] и [8, с. 52] мы предложили концепцию «физических частей речи»: лексических единиц (классов понятий), с которыми приходится иметь дело при изучении физики школьнику старших классов и студенту технического ВУЗа. Таких физических частей речи у нас получилось 12: базовые идеи физики, базовые понятия физики, реальные природные объекты, технические устройства, физические явления, модели, физические величины, их размерности, их определения, физические законы, полезные частные формулы, физические постоянные. Нам представляется, что любой физический термин (или формула), которые встречаются при преподавании курса общей физики, может и должен

быть отнесён к одной из этих лексических единиц. Соответственно рассказ студента об этом объекте должен начинаться с ответа на вопрос, что это такое (физическое явление, физическая величина и т.п.) В самом деле, почти любой студент начинает ответ на вопрос, что такое слон, словами: «Слон – это животное, млекопитающее». То есть начинает с классификационных категорий. Но далеко не каждый студент в начале рассказа о магнитной индукции скажет, что это векторная физическая величина. Исправление такого положения и есть сверхзадача наших работ [7, с. 149], [9, с. 130], [6, с. 23].

В процессе реализации этого подхода при преподавании раздела «Волны» мы столкнулись с трудностями. В самом деле, волна на поверхности воды – это, очевидно, физическое явление. Однако электромагнитную волну считать физическим явлением никак нельзя: электромагнитное излучение, на самом деле, состоит из фотонов [21, с. 86].

Другая проблема состоит в том, что в большинстве учебников с волной связываются лишь математические формулы, а важнейшей характеристике волны – её фазовой скорости – уделяется очень мало внимания. Целью данной работы является, во-первых, установить место термина «волна» в системе физических частей речи и, во-вторых, обсудить те особенности и характеристики волн, которым в учебниках уделяется недостаточно внимания.

Волна: физическое явление, физическая модель или базовое понятие физики?

В Физической энциклопедии [22, с. 315] термин «волны» определяется как «изменение некоторой совокупности физических величин (полей), способные перемещаться (распространяться), удаляясь от места их возникновения, или колебаться

в ограниченной области пространства». В этом определении никак не видно, что же такое волна: физическое явление, физическая модель или базовое понятие физики.

В знаменитом Берклеевском курсе физики колебаниям и волнам посвящён отдельный том. В нём знакомство с волнами, после примера об игре на трубе, начинается словами: «Волны, образованные внешним воздействием, приложенным к открытой среде, называются бегущими волнами: они «бегут» от создающего их источника» [14, с. 147]. Снова о том, что же такое волна, ничего не говорится.

В трёхтомном курсе физики А. В. Астахова волнам посвящено 14 страниц [1, с. 294]. Преимуществом этого учебника является то, что дано (и выделено курсивом) определение волн: «Распространение в пространстве различных видов возмущения вещества и поля, проявляющееся в переносе энергии возмущения, называется волновым процессом или волной». В этом определении не сказано прямо, что же такое волна, но поскольку возмущения вещества и поля объединены, приходится предположить, что речь идёт о модели. С другой стороны, слово «процесс» прямо указывает на физическое явление.

Однако, далее авторы пишут: «... Соответствующие волны принято называть монохроматическими». Получается, что и монохроматические волны есть физическое явление. Однако, хорошо известно, что даже излучение лазера имеет спектр конечной ширины. Таким образом, возникает явное смешение понятий.

По нашему мнению, дело тут в том, что в разных контекстах термин «волна» употребляется в разных смыслах. На первый взгляд, таких смыслов только два: анализ вузовских учебников и научно-популярных текстов показывает, что этот термин употребляется в основном в смысле «физическое явление» или в смысле «модель». Проведём этот анализ.

В книге [13, с. 3], которая полностью посвящена волнам, читаем: «Глаз воспринимает световые волны, кожа – инфракрасные и ультрафиолетовые, ухо – звуковые волны». Хотя высочайшая квалификация авторов этой книги не вызывает сомнений, нам представляется, что и здесь произошло смешение понятий. Ведь электромагнитные волны (световые, инфракрасные, ультрафиолетовые) – это модель, а вот звуковые волны – это физическое явление.

Далее [13, с. 6] читаем: «Волны – одно из природных явлений», и это утверждение в основном иллюстрируется примерами волн на поверхности воды. Тут мы полностью согласны с авторами: волна на воде, конечно, физическое явление.

Там же [13, с. 10] читаем: «Чисто синусоидальные волны в природе не встречаются, но синусоида – неплохая модель для пояснения основных понятий о волнах». Не в явном виде, но сказано, что монохроматическая волна – это модель. Мы бы только вместо «понятий о волнах» использовали «физические величины,

характеризующие волны». Это, понятно, фазовая скорость, период волны и длина волны. Следует отметить, что нам не раз приходилось слышать словосочетания «понятие скорости», «понятие частоты» и т.п. Нам такие словосочетания представляются неудачными.

Глава первая книги [13, с. 19], озаглавленная «Волны на воде», содержит описание волн цунами, мёртвой зыби, ряби – разумеется, это всё физические явления. Авторы не пишут этого, однако это абсолютно ясно из контекста (например, «Усядемся на берегу пруда и будем наблюдать»). Закончим на этом анализ использования термина «волна» в этой очень интересной книге, которую мы рекомендуем прочитать всем.

В учебнике для технических ВУЗов [1, с. 361] читаем: «В число широко распространённых макроскопических процессов входят движения вещества, объединённые под общим названием звуковые волны или просто звук». Слова «процессы» и «движения» указывают на то, что здесь идёт речь о физическом явлении. Хочется подчеркнуть, что, в отличие от большинства учебников, в этой книге звуковым волнам (акустике) уделяется много внимания. Нам представляется, что это важно и полезно.

В том же учебнике [1, с. 374] написано: «При взрывах, при движении в газе тел со сверхзвуковыми скоростями ... скорость распространения возмущения начинает зависеть от его величины и возникает так называемая ударная волна». Здесь снова речь идёт о физическом явлении.

Во втором томе того же учебника [2, с. 46] читаем: «Электромагнитное поле способно существовать в отсутствие электрических зарядов и токов. При этом его изменение носит волновой характер. Поля такого рода называют электромагнитными волнами». А вот здесь, по нашему мнению, речь идёт о модели. Ведь любое тело состоит из частиц – структурных элементов. А классическое поле оказывается исключением. На самом деле, как известно, все поля квантованы и состоят из частиц – переносчиков взаимодействия. Модель «электромагнитная волна», однако, так полезна, что иногда кажется, что это – физическое явление.

В Предисловии к учебнику [14, с. 9] читаем: «Этот том посвящён изучению волн – чрезвычайно обширной области, включающей в себя волны на воде, сейсмические, звуковые, световые, радиоволны, волны де Бройля». Здесь снова идёт смешение понятий. Как мы уже не раз подчёркивали, свет и вообще всё электромагнитное излучение состоит из фотонов, а электромагнитные волны – лишь эффективная модель.

Далее [14, с. 226] обсуждаются волны электрического тока и напряжения, распространяющиеся вдоль передающей двухпроводной линии. Волна тока нам представляется физическим явлением: ведь сам ток – упорядоченное движение заряженных частиц – есть

физическое явление. А вот с напряжением такой ясности нет: скорее, волна напряжения – это модель.

Вообще говоря, материал в этой книге излагается до того оригинальным образом, что представляет собой трудность даже для среднего российского кандидата физико-математических наук. Рекомендовать такую книгу для изучения общей физики в техническом университете мы бы не стали.

В учебнике для технических ВУЗов И. В. Савельева [19, с. 259] читаем: «Если в каком-либо месте упругой (твёрдой, жидкой или газообразной) среды возбудить колебания её частиц, то вследствие взаимодействия между частицами это колебание начнёт распространяться в среде от частицы к частице с некоторой скоростью v . Процесс распространения колебаний в пространстве называется волной». Тут прямо сказано, что упругая волна – это физическое явление. Кстати, важно, что подчёркивается роль движения и взаимодействия частиц среды в распространении волны.

А вот утверждение, в котором волна явно является моделью: «В простейших случаях волновые поверхности имеют форму плоскости или сферы. Соответственно волна в этих случаях называется плоской или сферической» [19, с. 263]. Описание электромагнитных волн в томе 2 того же учебника [20, с. 397] ведётся таким образом, что трудно понять, имеется в виду модель или реальное физическое явление.

В учебнике для школ [23, с. 225] читаем: «Колебания, возникшие в некоторой точке упругой среды, передаются соседним точкам, которые также начинают колебаться. Оказывается, что процесс передачи колебаний от одной точки в другую характерен не только для упругих сред, но и для электромагнитного поля. Волной называются распространяющиеся в пространстве колебания вещества и поля». Таким образом, электромагнитная волна рассматривается, скорее, как физическое явление, чем как модель.

В учебнике для технических ВУЗов [10, с. 8] написано: «Механические возмущения (деформации), распространяющиеся в упругой среде, называются упругими волнами». Ясно, что здесь речь идёт о физическом явлении, тем более что в предшествующем тексте обсуждается механизм возникновения этих колебаний (волн) на уровне частиц (молекул). Там же [10, с. 52], после преобразований, выполненных с уравнениями Максвелла, написано: «Таким образом, переменное электромагнитное поле распространяется в пространстве в виде электромагнитной волны». Это звучит так, как если бы электромагнитная волна была реальным физическим явлением. Следует, однако, отметить, что во втором томе в начале изложения теории Максвелла указывается, на её ограниченный характер: она феноменологическая и макроскопическая. Из этого можно сделать вывод, что электромагнитная волна – это скорее модель, чем реальное физическое явление.

В другом учебнике для технических ВУЗов [17, с. 243] глава XI называется «Учение о волнах».

Ну прямо-таки «учение Ленина всесильно, потому что оно верно. Кто не согласен? Шаг вперёд!» Однако, там же [17, с. 249] очень интересно обсуждаются волны на границе раздела сред (например, на поверхности воды, но не только). Это обсуждение не оставляет сомнений в том, что автор имеет в виду реальные физические явления. В третьем томе того же учебника [18, с. 10] параграф 2 называется «Электромагнитная теория света». Итак, электромагнитная волна – явно модель.

В первом томе учебника [11, с. 292] читаем: «...Этот процесс распространения колебаний в упругой среде называется волной». Ясно, что упругая волна – реальный физический процесс. В третьем томе того же учебника [12, с. 16] параграф 3 называется «Электромагнитная природа света. Возникновение теории квантов». Таким образом, электромагнитное излучение не трактуется однозначно как волна. Там же [12, с. 243] параграф 38 называется «Природа света». Вот что там пишут: «Таким образом, обе картины – корпускулярная и волновая – выступают как равноправные, точнее, неразрывно связанные. Нам следует теперь детально разобраться в том, что подразумевается под волновыми и корпускулярными свойствами фотонов, ибо в рамках обычных представлений эти качества несовместимы». Итак, термин «волна» здесь обозначает уже не физическое явление, и не модель, а базовое понятие физики.

Волна как базовое понятие физики

Напомним базовые понятия физики, сформулированные в [3, с. 91] и [4, с. 36]: физическое явление, тело, частица (структурный элемент), движение, взаимодействие, волна, вероятность. Появление двух последних терминов в качестве базовых понятий обусловлено тем, что в качестве четвёртой базовой идеи физики мы формулируем следующее утверждение: «С каждой частицей связан волновой вероятностный процесс».

Вернёмся к учебнику [12, с. 247], где читаем: «Волна, отвечающая одному фотону, не может разделиться, а будет распространяться в одном из направлений, разрешённых волновой теорией... можно указать лишь вероятность того или иного возможного направления». Здесь прямо говорится, что волна, описывающая распространение фотона, есть волна вероятности, а «направление» – это, по-видимому, направление импульса.

В учебнике [23, с. 406] читаем: «Свет имеет сложную, двойственную корпускулярно-волновую природу: обладает одновременно и волновыми, и квантовыми свойствами.» Такого рода утверждения можно до сих пор найти во многих российских учебниках. Нам представляется, что это – отзвук марксистско-ленинской философии, которая старательно навязывала всем, включая физиков, свой диалектический подход. Мы считаем, что вопрос должен ставиться так: «Имеются ли свойства электромагнитного излучения, которые не объясняет та или иная теория?» В отношении классической электродинамики Максвелла ответ положительный:

фотоэффект, обрывание тормозных рентгеновских спектров, красная граница фотохимических реакций и множество других явлений эта теория не объясняет. А вот квантовая электродинамика Фейнмана [21, с. 7] объясняет все свойства света. Правда, надо тогда сказать, что с фотоном (как и с каждой частицей) связан волновой вероятностный процесс, а термины «волна» и «вероятность» объявить базовыми понятиями физики, наряду с телом, частицей, движением и взаимодействием.

В учебнике [18, с. 276] написано: «Физика ещё не располагает объективными сведениями, которые позволили бы отчётливо определить природу волновых процессов, проявляющихся при движении мельчайших частиц вещества», «... движение каждой частицы сопровождается волновым процессом...». А вот здесь волна – скорее базовое понятие физики.

Волна как физическое явление

Волновые физические явления возникают в упругих средах или на границе раздела сред. В Таблице 1 мы собрали некоторые из таких волн и формулы для вычисления их фазовых скоростей. Используемые обозначения:

v_ϕ – фазовая скорость; γ – показатель адиабаты; k_B – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; m_o – масса частицы газа (атома, молекулы); E – модуль упругости (модуль Юнга); σ – коэффициент Пуассона (отношение поперечного сжатия к продольному удлинению, $-1 \leq \sigma \leq 0.5$); ρ_m – плотность массы; g – модуль ускорения свободного падения; λ – длина волны; H – глубина воды (расстояние от невозмущённой горизонтальной поверхности воды до дна); σ_0 – коэффициент поверхностного натяжения.

Таблица 1

Волны как физические явления и формулы для их фазовых скоростей

Явление	Вид волны	Физические величины, которые меняются периодически	Фазовая скорость	Ссылка
Звук в газе	Продольная волна	Давление, плотность	$v_\phi = \sqrt{\frac{\gamma k_B T}{m_o}}$	[22]
Звук в изотропной твёрдой среде	Продольная волна (сейсмическая Р-волна)	деформация и напряжение сжатия (растяжения)	$v_\phi = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho_m(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$	[15]
	Поперечная волна (сейсмическая S-волна)	деформация и напряжение сдвига	$v_\phi = \sqrt{\frac{E}{2\rho_m(1+\sigma)}}$	[15]
Гравитационная волна на поверхности глубокой воды		Вертикальное смещение поверхности воды	$v_\phi = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$	[13]
Гравитационная волна на поверхности мелкой воды		относительно горизонтали	$v_\phi = \sqrt{gH}$	[13]
Капиллярная волна на поверхности жидкости			$v_\phi = \sqrt{\frac{2\pi\sigma_0}{\rho_m\lambda}}$	[13]

Заключение

Мы показали на нескольких примерах, что термин «волна» употребляется в учебниках по физике для технических вузов в трёх смыслах. Во-первых, под этим словом понимают физическое явление – колебание в упругой среде или на границе раздела сред (волны на поверхности воды), которое сопровождается переносом энергии без заметного переноса вещества. Сюда попадают звуковые волны, сейсмические волны и т.п.

Во-вторых, слово «волна» означает модель. Например, «монохроматическая волна», «плоская волна», «бегущая волна», «стоячая волна». Моделью является и электромагнитная волна: это видно хотя бы потому, что она не требует для своего распространения никакой среды.

В-третьих, слово «волна» означает базовое физическое понятие: например, волна де Бройля, волновые свойства электромагнитного излучения. Структурирование преподавания физики, к которому

мы стремимся, развивая нашу систему «физических частей речи», требует, чтобы преподаватель при первом упоминании слова «волна» отчётливо формулировал, какую часть физической речи он имеет в виду.

Библиографический список

1. Астахов, А. В. Курс физики. Том 1. Механика. Кинетическая теория материи / А. В. Астахов. — М.: Наука, 1977. — 384 с. — Текст : непосредственный.
2. Астахов, А. В. Курс физики. Том 2. Электромагнитное поле / А. В. Астахов, Ю. М. Широков. — М.: Наука, 1980. — 359 с. — Текст : непосредственный.
3. Гончар, И. И. Иерархия определения физических величин и основные положения молекулярно-кинетической теории / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава. — Текст : непосредственный // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы. Ч.2 — 2016. — С. 91-94.
4. Гончар, И. И. Основные положения молекулярно-кинетической теории как отправная точка в изучении физики / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, С. Н. Крохин. — Текст : непосредственный // Вестник Омского университета. — 2017, — 2(84). — С. 36-40.
5. Гончар, И. И. Особенности преподавания физики в российских технических вузах первой четверти XXI века / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, Т. А. Аронова. — Текст : непосредственный // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. — 2019. — 1 (22). — С. 97-99.
6. Гончар, И. И. Соотношение между физическими и математическими аспектами при изучении темы «Колебания» в техническом вузе / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, С. Н. Крохин. — Текст : непосредственный // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. — 2020. — 2 (34). — С. 23-29.
7. Гончар, И. И. Структурирование основных понятий в процессе преподавания общей физики: физические части речи / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, С. Н. Крохин, Н. А. Хмырова. — Текст : непосредственный // Омский научный вестник. — 2015. — 2(136). — С. 149-151.
8. Гончар, И. И. Физические части речи: вопросы изучения законов физики / И. И. Гончар, С. Н. Крохин, М. В. Чушнякава, Н. А. Хмырова. — Текст : непосредственный // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность. — 2017. — 1. — С. 52-57.
9. Гончар, И. И. Физические части речи: физические величины / И. И. Гончар, М. В. Чушнякава, С. Н. Крохин, Н. А. Хмырова. — Текст : непосредственный // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность. — 2015. — 1 (139). — С. 130-132.
10. Детлаф, А. А. Курс физики. Том 3. Волновые процессы. Оптика. Атомная и ядерная физика. / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. — М.: Высшая школа, 1979. — 511 с. — Текст : непосредственный.
11. Зисман, Г. А. Курс общей физики. Том 1. Механика, молекулярная физика, колебания, волны. / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — М.: Наука, 1974. — 336 с. — Текст : непосредственный.
12. Зисман, Г. А. Курс общей физики. Том 3. Оптика, физика атомов и молекул, физика атомного ядра и микрочастиц. / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — М.: Наука, 1970. — 496 с. — Текст : непосредственный.
13. Кадомцев, Б. Б. Волны вокруг нас / Б. Б. Кадомцев, В. И. Рыдник. — М.: Знание, 1981. — 152 с. — Текст : непосредственный.
14. Крауфорд, Ф. Волны / Ф. Крауфорд. — М.: Наука, 1984. — 512 с. — Текст : непосредственный.
15. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Теория упругости. Том 7. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1987. — 248 с. — Текст : непосредственный.
16. Национальный проект «Образование» // Официальный интернет-сайт министерства просвещения Российской Федерации — URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (дата обращения 03.04.2021). — Режим доступа: свободный. — Текст : электронный.
17. Путилов, К. А. Курс физики. Том 1. Механика. Акустика. Молекулярная физика. Термодинамика / К. А. Путилов. — М.: Физматгиз, 1963. — 560 с. — Текст : непосредственный.
18. Путилов, К. А. Курс физики. Том 3. Оптика. Атомная физика. Ядерная физика. / К. А. Путилов, В. А. Фабрикант. — М.: Наука, 1963. — 636 с. — Текст : непосредственный.
19. Савельев, И. В. Курс общей физики: Учеб. пособие для втузов в 3 т. Т. 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика / И. В. Савельев. — М.: Наука, 1970. — 508 с. — Текст : непосредственный.
20. Савельев, И. В. Курс общей физики: Учеб. пособие для втузов в 3 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / И. В. Савельев. — М.: Наука, 1982. — 496 с. — Текст : непосредственный.
21. Фейнман, Р. КЭД — странная теория света и вещества / Р. Фейнман. — М.: Наука, 1988. — 144 с. — Текст : непосредственный.
22. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Сов. энциклопедия, 1988. — 704 с.
23. Яворский, Б. М. Основы физики. Том 2. Колебания и волны; основы квантовой физики атомов, молекул и твердых тел; физика ядра и элементарных частиц / Б. М. Яворский, А. А. Пинский. — М.: Наука, 1974. — 464 с. — Текст : непосредственный.

References

1. Astakhov, A. V. Kurs fiziki. Tom 1. Mekhanika. Kineticheskaya teoriya materii [Physics course. Volume 1. Mechanics. Kinetic theory of matter]. Moscow, 1977, 384 p.
2. Astakhov, A. V. Kurs fiziki. Tom 2. Elektromagnitnoye pole [Physics course. Volume 2. Electromagnetic field]. Moscow, 1980, 359 p.
3. Gontchar I. I. Ierarhiya opredeleniya fizicheskikh velichin i osnovnye polozheniya molekulyarno-kineticheskoy teorii [The hierarchy of the definition of physical quantities and the main provisions of the molecular-kinetic theory] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova. — Tekst : neposredstvennyy // Vzaimodejstvie nauki i obshchestva: problemy i perspektivy. CH.2 — 2016. — C. 91-94.
4. Gontchar I. I. Osnovnye polozheniya molekulyarno-kineticheskoy teorii kak otpravnyaya tochka v izuchenii fiziki [The main provisions of the molecular-kinetic theory as a starting point in the study of physics] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova, S. N. Krokhin. — Tekst : neposredstvennyy // Vestnik Omskogo universiteta. — 2017, — 2(84). — S. 36-40.
5. Gontchar I. I. Osobennosti prepodavaniya fiziki v rossijskikh tekhnicheskikh vuzakh pervoj chetverti XXI veka [Features of teaching physics in Russian technical universities in the first quarter of the XXI century] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova, T. A. Aronova. — Tekst : neposredstvennyy // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Gumanitarnye issledovaniya. — 2019. — 1 (22). — C. 97-99.
6. Gontchar I. I. Sootnoshenie mezhdru fizicheskimi i matematicheskimi aspektami pri izuchenii temy «Kolebaniya» v tekhnicheskoy vuzakh [The relationship between physical and mathematical aspects in the study of the topic «Oscillations» in a technical university] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova, S. N. Krokhin. — Tekst : neposredstvennyy // Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnykh tekhnologij. — 2020. — 2 (34). — S. 23-29.
7. Gontchar I. I. Strukturirovanie osnovnykh ponyatij v processe prepodavaniya obshchej fiziki: fizicheskie chasti rechi [Structuring basic concepts in the process of teaching general physics: physical parts of speech] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova, S. N. Krokhin, N. A. Khmyrova. — Tekst : neposredstvennyy // Omskij nauchnyy vestnik. — 2015. — 2(136). — C. 149-151.
8. Gontchar I. I. Fizicheskie chasti rechi: voprosy izucheniya zakonov fiziki [Physical parts of speech: questions of studying the laws of physics] / I. I. Gontchar, S. N. Krokhin, M. V. Chushnyakova, N. A. Khmyrova. — Tekst : neposredstvennyy // Omskij nauchnyy vestnik. Ser. Obshchestvo. Istoriya. Sovremennost'. — 2017. — 1. — C. 52-57.
9. Gontchar I. I. Fizicheskie chasti rechi: fizicheskie velichiny [Physical parts of speech: physical quantities] / I. I. Gontchar, M. V. Chushnyakova, S. N. Krokhin, N. A. Khmyrova. — Tekst : neposredstvennyy // Omskij nauchnyy vestnik. Ser. Obshchestvo. Istoriya. Sovremennost'. — 2015. — 1 (139). — C. 130-132.
10. Detlaf, A. A. Kurs fiziki. Tom 3. Volnovye processy. Optika. Atomnaya i yadernaya fizika [Physics course. Volume 3. Wave processes. Optics. Atomic and nuclear physics]. Moscow, 1979, 511 p.
11. Zisman, G. A. Kurs obshchej fiziki. Tom 1. Mekhanika, molekulyarnaya fizika, kolebaniya, volny [General physics course. Volume 1. Mechanics, molecular physics, oscillations, waves]. Moscow, 1974, 336 p.
12. Zisman, G. A. Kurs obshchej fiziki. Tom 3. Optika, fizika atomov i molekul, fizika atomnogo yadra i mikrochastich [General physics course. Volume 3. Optics, physics of atoms and molecules, physics of the atomic nucleus and microparticles]. Moscow, 1970, 496 p.
13. Kadomcev, B. B. Volny vokrug nas [Waves all around us]. Moscow, 1981, 152 p.
14. Krauford, F. Volny [The waves]. Moscow, 1984, 512 p.
15. Landau, L. D. Teoreticheskaya fizika. Teoriya uprugosti. Tom 7. [Theoretical physics. Theory of elasticity. Volume 7]. Moscow, 1987, 248 p.
16. Nacional'nyj proekt «Obrazovanie» [National project «Education»] // Oficial'nyj internet-sajt ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federacii — URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (data obrashcheniya (03.04.2021). — Rezhim dostupa: svobodnyj. — Tekst : elektronnyj.
17. Putilov, K. A. Kurs fiziki. Tom 1. Mekhanika. Akustika. Molekulyarnaya fizika. Termodinamika [Physics course. Volume 1. Mechanics. Acoustics. Molecular physics. Thermodynamics]. Moscow, 1963, 560 p.
18. Putilov, K. A. Kurs fiziki. Tom 3. Optika. Atomnaya fizika. YAdernaya fizika [Physics course. Volume 3. Optics. Atomic physics. Nuclear Physics]. Moscow, 1963, 636 p.
19. Savel'ev, I. V. Kurs obshchej fiziki: Ucheb. posobie dlya vtuzov v 3 t. T. 1. Mekhanika, kolebaniya i volny, molekulyarnaya fizika [General Physics course: Textbook for higher education institutions in 3 t. t. 1. Mechanics, vibrations and waves, molecular physics]. Moscow, 1970, 508 p.
20. Savel'ev, I. V. Kurs obshchej fiziki: Ucheb. posobie dlya vtuzov v 3 t. T. 2. Elektrichestvo i magnetizm [General physics course: Textbook for higher education institutions in 3 t. t. 2. Electricity and magnetism]. Moscow, 1982, 496 p.
21. Fejnman, R. KED — strannaya teoriya sveta i veshchestva [QED-the strange theory of light and matter]. Moscow, 1988, 144 p.
22. Fizicheskaya enciklopediya [Physical Encyclopedia] / gl. red. A. M. Prohorov. Moscow, 1988, 704 p.
23. Yavorskij, B.M. Osnovy fiziki. Tom 2. Kolebaniya i volny; osnovy kvantovoj fiziki atomov, molekul i tverdykh tel; fizika yadra i elementarnykh chastic [Fundamentals of physics. Volume 2. Vibrations and waves; fundamentals of quantum physics of atoms, molecules and solids; physics of the nucleus and elementary particles] Moscow, 1974, 464 p.

ABOUT TEACHING THE «WAVES» SECTION IN THE GENERAL PHYSICS COURSE
AT TECHNICAL UNIVERSITY

Igor I. Gontchar,

Physics and Chemistry Department, Omsk State Transport University, Omsk, Russia

Maria V. Chushnyakova,

Physics Department, Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Yury M. Sosnovsky,

Physics and Chemistry Department, Omsk State Transport University, Omsk, Russia

Abstract. The article mainly discusses the question in what sense the term «wave» is used when teaching general physics at a technical university. For this purpose, the texts of the main physics textbooks for technical universities, as well as several other books, are analyzed. The analysis is based on the concept of «physical parts of speech» proposed by two of the authors in previous works. It is shown that the term «wave» is used in textbooks in three senses, and it is not always clear from the context which of the three is meant by the authors. First, the term «wave» is used to refer to a physical phenomenon, that is, vibrations in an elastic medium or at the interface of media (waves on the surface of water), which are accompanied by energy transfer without noticeable transfer of matter. This includes sound waves, seismic waves, etc. Secondly, the word «wave» means a model (for example, «monochromatic wave», «plane wave», «traveling wave», «standing wave»). This includes electromagnetic waves: this is evident, if only because they do not require any environment for their distribution. Finally, third, the word «wave» means a basic physical concept: for example, the de Broglie wave, the probability wave, the wave properties of electromagnetic radiation. We believe that when studying the corresponding section in the course of general physics in at a technical university, it is necessary to emphasize every time what, in fact, is being discussed. This will make teaching physics to students more effective and bring it closer to the physical reality around them.

Key words: teaching physics at a technical university, elastic waves, electromagnetic waves, probability waves, basic concepts of physics, physical parts of speech.

Сведения об авторах:

Гончар Игорь Иванович — д.ф.-м.н., профессор, профессор-консультант кафедры «Физика и химия» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» (644046, Российская Федерация, г. Омск, проспект Маркса, д. 35, e-mail: vigichar@hotmail.com).

Чушнякова Мария Владимировна — к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, Российская Федерация, г. Омск, проспект Мира, д. 11, e-mail: maria.Chushnyakova@gmail.com).

Сосновский Юрий Михайлович — к.ф.-м.н., доцент, и. о. заведующего кафедрой «Физика и химия» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» (644046, Российская Федерация, г. Омск, проспект Маркса, д. 35, e-mail: sosnovskyym@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 20.04.2021 г.