



NATURA CUPIDITATEM INGENUIT HOMINI VERI VIDENDI
Marcus Tullius Cicero
(Природа наделила человека стремлением к познанию истины)

Мысли Об Истине

Альманах «**МОИ**»
Электронное издание, ISBN 9984-688-57-7

Альманах «Мысли об Истине» издается для борьбы с лженаукой во всех ее проявлениях и в поддержку идей, положенных в основу деятельности Комиссии РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований. В альманахе публикуются различные материалы, способствующие установлению научной истины и отвержению псевдонаучных заблуждений в человеческом обществе.

Альманах издается с 8 августа 2013 года
Настоящая версия тома выпущена **2016-02-26**

© 2016 Марина Ипатьева (оформление и комментарии)

Олег Акимов. Эффект Доплера

VEcordia

Извлечение R-OAKL-4

Открыто: 2012.10.27 12:41

Закрыто: 2012.12.20 16:42

Версия: 2013.06.02 14:41

Дневник «VECORDIA»

ISBN 9984-9395-5-3

© Valdis Egle, 2013

Олег Акимов. «Эффект Доплера»

ISBN

© О.Е. Акимов, 2012

Олег Акимов

Эффект Доплера

Сборник материалов

С комментариями Валдиса Эгле

Impositum

Grīzīņkalns 2013



Олег Акимов.

Введение в акустику. Природа звука и ультразвука

<http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/akustik.htm>

Предмет, который будет интересовать нас в дальнейшем, относится к *акустике* – науке, изучающей *механические* колебания в газах, жидкостях и твердых телах. Исследователей-механиков, занятых этой наукой, именуют *акустиками*. *Акустические волны* (их часто называют просто *звуком*) представляют собой *регулярно* чередующиеся области сжатия и разрежения какой-либо среды – воздуха, воды, стекла и т.д. Но механическое движение в среде не обязательно должно быть *периодическим*; оно может быть *хаотическим*. В этом случае звук называют *шумом*. Шум почти всегда считается вредным явлением. В отличие от него периодический или даже *гармонический* звук относится к так называемому *полезному сигналу*.

Акустика – разветвленная наука, включающая в себя аэроакустику, гидроакустику, акустику в твердых телах (это разделение по фазовому состоянию среды), а также линейную и нелинейную акустику (деление с точки зрения математических уравнений), атомную акустику, гидролокацию и т.д. Существует междисциплинарная наука, цель которой – борьба с различными, главным образом, *промышленными* шумами. Наиважнейшей задачей акустиков, работающих с шумами, является повышение отношения уровня полезного сигнала к уровню шума или, говорят, *белого шума*, если речь идет об абсолютно случайном шуме, а не о работе какого-нибудь монотонно шумящего двигателя. Далее мы займемся изучением главным образом характеристик звука.

Акустические колебания улавливаются ушами (у человека и животных) или заменяющими их слуховыми органами (у рыб, земноводных и насекомых ушей, как таковых, нет, но слышат они прекрасно). В табл. 1 приведены диапазоны слышимости для некоторых биологических видов, а также частота музыкальных нот первой октавы. Частота колебаний второй октавы получается удвоением частоты первой октавы. Например, частота колебаний ноты *ля* второй октавы равна 880 Гц, *ля* третьей октавы – 1720 Гц, а *ля* малой октавы – 220 Гц и т.д.

Таблица 1

Диапазон слышимости и частота звучания нот первой октавы

Человек	20 Гц – 20 кГц	До	261,63 Гц
Собака	15 Гц – 50 кГц	Ре	293,66 Гц
Кошка	60 Гц – 60 кГц	Ми	329,63 Гц
Кузнечик	5 кГц – 95 кГц	Фа	349,23 Гц
Землеройка	7 кГц – 115 кГц	Соль	392,00 Гц
Летучая мышь	7 кГц – 200 кГц	Ля	440,00 Гц
Дельфин	4 кГц – 200 кГц	Си	493,88 Гц

Добавим к сказанному, голосовые связки человека при разговоре издают звуки с частотой от 300 до 3000 Гц. Талантливые певцы способны перекрывать несколько музыкальных октав. Относительно человеческого слуха следует также добавить, что у слепых он более развит и может лежать в пределах от 15 Гц до 23 кГц. Кроме того, некоторые из них чувствуют звук костями черепа, который играет роль резонатора. В этом случае верхняя граница простирается до 200 кГц. Слепые, как правило, хорошо слышат ногами, например, шаги, которые отдаются по полу. Частоты ниже 50 Гц могут ощущаться кожей. Частоты выше 10 кГц быстро затухают, поэтому писк комара можно услышать только вблизи уха.

Почему, когда заводят речь об акустике, в первую очередь приводят пределы слышимости и музыкальный ряд (см. табл. 1)? Дело в том, что сам термин *akustik* связан с древнегреческими словами: *слушать*, *слышимый*, *слуховой* и т.д. Исторически сложилось так, что развитие этой древней отрасли знаний, осуществленное пифагорейцами в 6-3 веке до нашей эры, происходило при разработке музыкальной теории и конструировании музыкальных инструментов. В 17 веке нашей эры эта наука стала частью физики, рассматривающей механические колебания.

Знаменитый французский ученый Жан Батист Жозеф Фурье (1768–1830) доказал, что любой сколь угодно сложный периодический процесс можно представить в виде некоторой совокупности гармонических колебаний. Эта его теорема широко используется в современных приборах, предназначенных для спектрального анализа. На ее основе можно понять, почему ухо способно различить отдельные звуки, одновременно издаваемые, например, движущимся поездом, громкоговорителем, установленным на железнодорожной станции, и голосом собеседника, который вызвался вас провожать.

Они не перемешиваются потому, что в *ушной улитке* могут возникать сразу несколько *стоячих волн*, которые образуются, например, в воздушном столбе трубы и органа или на струнах гитары и скрипки. В идеальном случае стоячая волна существует сколь угодно долго. Но из-за потерь акустической энергии в резонаторах, звук постепенно угасает. Для его поддержания требуется непрерывная подпитка дополнительной энергией, которая доставляется в нужные точки резонатора с помощью *бегущей волны*. Бегущие и стоячие волны сосуществуют вместе, образуя динамичный рисунок, наблюдающийся на колеблющейся струне.

Ультразвуком называют звуковые колебания, частота которых превышает верхний порог слышимости человека, причем частота 20 кГц является нижней границей ультразвукового диапазона. Верхней границей для него служит частота порядка одного *миллиарда* колебаний в секунду, т.е. 10^9 Гц = 1 ГГц (говорят, один *гигагерц*). Частота колебаний свыше 1 ГГц называется *гиперзвуком*, а ниже диапазона слышимости человека, т.е. менее 20 Гц – *инфразвуком* (эти частоты нас интересовать не будут).

Важнейшим параметром любых акустических волн – звука, ультразвука или гиперзвука – является скорость распространения их в среде. Без среды никакие волны существовать не могут. Именно физические свойства среды – ее *плотность* (ρ) и *сжимаемость* (β) – определяют скорость звука в общем виде:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\beta \rho}}$$

Для газов эту формулу можно несколько детализировать:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma k T}{m}} = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} = \sqrt{\frac{\gamma R (t + 273,15)}{M}}$$

где γ – показатель адиабаты: 5/3 для одноатомных газов, 7/5 для двухатомных (и для воздуха), 4/3 для многоатомных; k – постоянная Больцмана; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура в кельвинах; t – температура в градусах Цельсия; m – молекулярная масса; M – молярная масса.

По порядку величины скорость звука в газах близка к средней скорости теплового движения молекул и в приближении постоянства показателя адиабаты пропорциональна квадратному корню из абсолютной температуры.

Для твёрдых тел скорость звука вычисляется по другой формуле:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{3(1 - 2\nu)\rho}},$$

где K – модуль всестороннего сжатия; E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона.

Приведенные формулы работают до тех пор, пока длина акустической волны (λ) огромна по сравнению с межмолекулярными расстояниями и размерами самих молекул. Но как только эти условия перестают выполняться, наблюдается *дисперсия* (от лат. *dispergo* – *рассеивать*), т.е. рассеяния звуковой энергии на молекулах вещества, что всегда приводит к падению скорости распространения колебательного возбуждения.

В табл. 2 приведена зависимость длины волны от частоты в трех упругих средах без затухания. В указанном диапазоне частот скорость звука, как произведение длины волны на частоту ($c = \lambda \cdot f$), в воздухе, воде и дереве остается неизменной – 5000, 1450 и 340 м/с, соответственно. Еще раз подчеркнем, что эти скорости всецело определяются плотностью (ρ) и упругостью (μ) среды; длина волны (λ) и частота колебаний (f) не определяют скорости звука. Между тем, бытует мнение, будто два последних параметра являются *причинами* появления того или иного значения c .

Таблица 2

Длина акустических волн в трех средах без дисперсии в зависимости от частоты.

<i>f</i>, частота колебаний	<i>λ</i> в дереве <i>c</i> = 5000 м/с	<i>λ</i> в воде <i>c</i> = 1450 м/с	<i>λ</i> в воздухе <i>c</i> = 340 м/с
20 Гц	250	72,5	17
50 Гц	100	29	6,8
100 Гц	50	14,5	3,4
200 Гц	25	7,25	1,7
1 кГц	5	1,45	0,34
5 кГц	1	0,29	0,068
10 кГц	0,5	0,145	0,034
20 кГц	0,25	0,073	0,017
50 кГц	0,1	0,029	0,0068
100 кГц	0,05	0,015	0,0034
200 кГц	0,025	0,007	0,0017
500 кГц	0,01	0,003	0,0007
1 МГц	0,005	0,0015	0,0003

Даже при частоте миллион колебаний в секунду длина волны остается вполне видимой величиной для невооруженного глаза: 5 мм для дерева, 1,5 мм для воды и 0,3 мм для воздуха, что намного больше геометрических размеров молекул или межмолекулярных расстояний в твердых телах, жидкостях и газах.

Так, средний диаметр молекул газа составляет $6 \cdot 10^{-10}$ м, расстояние между молекулами газа – $3 \cdot 10^{-9}$ м, размеры полимерных молекул, например, липопротеидов – $(3 \div 5) \cdot 10^{-8}$ м, диаметр эритроцита – $8 \cdot 10^{-6}$ м, диаметр капилляра – $(4 \div 10) \cdot 10^{-6}$ м, диаметр артерии – 10^{-2} м.

Упругие вещества вроде дерева, воды и воздуха с указанной в табл. 2 длиной волны ведут себя как сплошные среды, в которых не различаются отдельные частички. Поэтому такие, казалось бы, очень быстрые колебательные возбуждения, распространяются абсолютно беспрепятственно внутри них, т.е. без потерь энергии, которая в ином случае рассеивалась бы на молекулах в виде тепла.

В первую очередь скорость звука зависит от *фазового состояния* – будет ли вещество находиться в парообразном (газовом) состоянии, жидком или твердом. Так, например, скорость звука в пресной воде равна 1482 м/с или 5335 км/ч. В водяном паре она существенно меньше – 405 м/с. Лёд же проводит акустические волны со скоростью почти в 10 раз быстрее – 3980 м/с. В солёном растворе, когда плотность жидкости заметно повышается, увеличивается и скорость звука. Так, в морской воде скорость звука больше, чем в пресной, и равна 1533 м/с, а в насыщенном растворе поваренной соли (NaCl) она составляет 1650 м/с.

В демонстрационной табл. 3 приведены скорости распространения акустических колебаний для различных сред. Из неё видно, что в среднем скорость звука для жидких сред выше, чем для газовых, но ниже, чем для твердых. Однако для водородного газа эта скорость намного больше, чем для жидкого эфира, бензина, ацетона и спиртов. Аналогичное нарушение закономерности наблюдается и для твердых веществ. Твердый свинец проводит звук чуть медленнее, чем бензол, а керосин и глицерин быстрее, чем резина и графит.

Таблица 3

Скорость звука в некоторых средах

Газовые среды	м/с
Пары эфира	179
Хлор	206
Пары спирта	230
Углекислый газ	259
Кислород	316
Ацетилен	327
Воздух (0 °C)	331
Воздух (20 °C)	343

Азот	334
Угарный газ	338
Водяной пар	405
Аммиак	415
Метан	430
Неон	435
Гелий	965
Водород	1284

Жидкие среды **м/с**

Кислород жидкий	912
Эфир	985
Спирт (метил.)	1143
Бензин	1170
Спирт (этил.)	1180
Ацетон	1190
Толуол	1324
Бензол	1324
Ртуть	1453
Вода пресная	1482
Вода морская	1533
Раствор NaCl	1650
Свинец распл.	1790
Глицерин	1923
Олово распл.	2270
Керосин	2330

Твердые среды **м/с**

Свинец	1322
Стеарин	1470
Графит	1600
Резина	2400
Эбонит	3240
Золото	3560
Медь	3600
Кирпич	3850
Чугун	3980
Лед	5030
Сосна	5130
Железо	5640
Стекло	6000
Сталь	18000
Алмаз	

Легкость и высокая подвижность газовых молекул (как, например, у водорода и гелия) способствует скорейшему распространению колебаний. Чем выше температура газовой среды, тем больше ее упругость, подвижность отдельных молекул и, следовательно, тем выше скорость распространения звука. Так, воздух при нулевой температуре проводит звуковые колебания со скоростью 331 м/с, а при комнатной температуре – 343 м/с.

Но с падением температуры воздух «густеет», его плотность растет. Рассчитывая в нём скорость звука, нужно учитывать что-то одно – либо температуру, либо плотность. Обычно говорят о зависимости скорости звука от температуры, которая увеличивается примерно на 0,6 м/с с повышением температуры на 1°C. Более точная температурная зависимость отображается следующей формулой (здесь t измеряется в °C):

$$c = 331,5 (1 + t / 273,5)^{1/2}.$$

Таблица 4

*Изменения скорости звука в сухом воздухе
от изменений его температуры или плотности;
в последнем столбце указано сопротивление Z*

c, м/с	t, °C	ρ, кг/м³	Z, Н·с/м³
351,96	+35	1,1455	403,2
349,08	+30	1,1644	406,5
346,18	+25	1,1839	409,4
343,26	+20	1,2041	413,3
340,31	+15	1,2250	416,9
337,33	+10	1,2466	420,5
334,33	+05	1,2690	424,3
331,30	0	1,2920	428,0
328,24	-5	1,3163	432,1
325,16	-10	1,3413	436,1
322,04	-15	1,3673	440,3
318,89	-20	1,3943	444,6
315,72	-25	1,4224	449,1

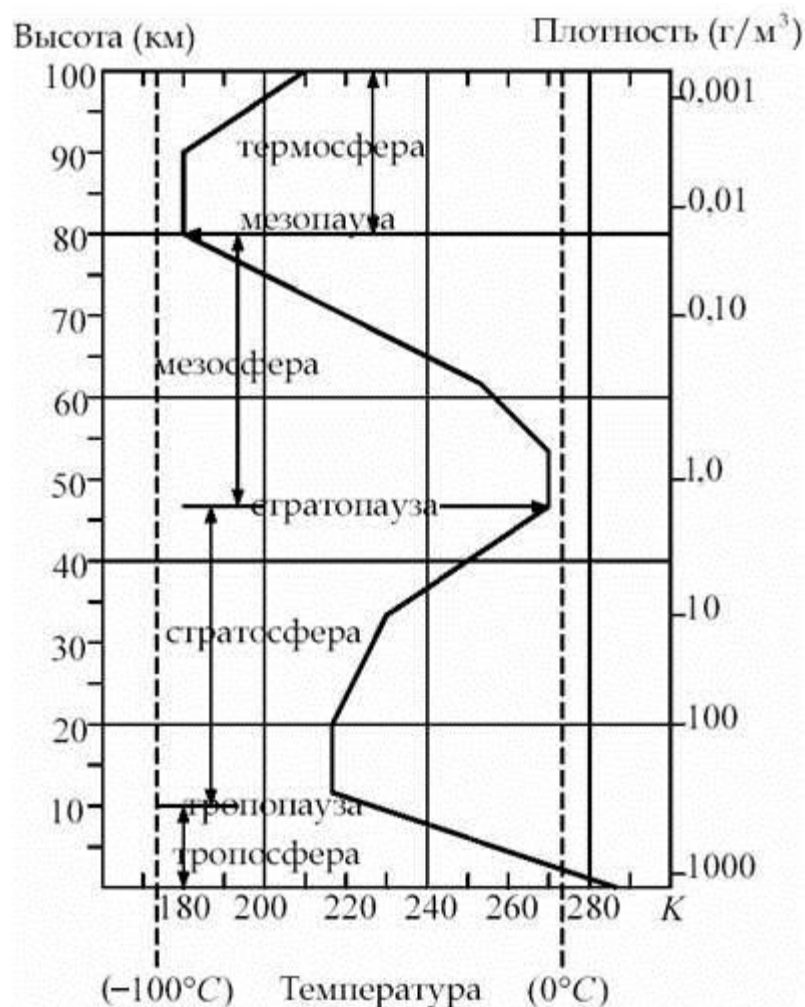


Рис. 1. Вертикальный профиль температур и плотностей воздуха в атмосфере Земли в течение июня на широте Москвы.

В четвертом столбце табл. 4 приведены значения акустического *сопротивления*, которое равно произведению плотности среды на скорость звука или, иначе, отношению звукового давления (p) к скорости перемещения отдельно взятой частицы (v): $Z = \rho c = p / v$.

Двойное определение сопротивления позволяет найти *колебательную скорость* частицы среды: $v = p / \rho c$, которая всегда намного меньше скорости звука, так как $v / c = p / \rho \ll 1$. Поскольку плотность и скорость звука – константы, то изменения колебательной скорости частицы всецело зависит от колебаний давления, вызванного акустической волной.

Коэффициент отражения плоских волн при нормальном падении на плоскую границу раздела двух сред определяются отношением их сопротивлений:

$$K = |Z_1 - Z_2| / |Z_1 + Z_2|.$$

Так, например, если акустическая волна идет из воздушной среды ($Z_1 = 430 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$) в водную ($Z_2 = 1482 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$), то вся она, практически, полностью отражается, так как коэффициент отражения близок к единице ($K = 0,999$). В самом деле, нырнув под воду, мы ничего не слышим, когда нам что-то кричат с берега. Звук кричащего отражается от водной глади и не проходит к нырнувшему. Ничего не изменится, если акустические колебания направить в обратном направлении – из воды в воздух.

Но когда мы имеем дело со средами, близкими по величине сопротивления, как например пара жир-вода (у жира $Z = 1335 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$), картина радикальным образом меняется, поскольку коэффициент отражения резко падает, в данном случае до $K = 0,1$. Это обстоятельство приводит к тому, что в человеческом организме, в котором имеется множество областей с близкими значениями сопротивления, локация сильно затруднена.

В частности, для пары жир-мышцы коэффициент отражения тоже равен примерно 0,1; для пары кость-мышцы – 0,65; для пары кровь-почки – 0,03. Но если в почках имеются вредные отложения, то коэффициент отражения от таких *почечных камней* достигает 0,3, что позволяет легко обнаружить их при помощи приборов, основанных на локационном принципе.

При заданной амплитуде плотность потока энергии зависит от квадрата частоты колебаний. Следовательно, при малых амплитудах можно достичь большой интенсивности, особенно, когда колебания находятся в области высоких частот, в частности, попадают в диапазон *ультразвука*. Тогда их распространение в среде сопровождается нелинейными эффектами, например, волна *синусоидальной* формы превращается в *пилообразную* кривую. Интенсивный ультразвук сильнее поглощается средой, поскольку значительная часть его энергии расходуется на деструкцию среды, если она находится в твердом состоянии. В газах и жидкостях энергия идет на так называемое *акустическое течение* молекул, скорость которого зависит от *коэффициента вязкости* среды.

Учитывая глубину проникновения в среду, в воздухе и других газах обычно используется ультразвук низкой частоты, порядка $1,5 \cdot 10^4 \div 10^5$ Гц, для жидкостей – средней частоты, $10^5 \div 10^7$ Гц, и для твердых веществ – высокой частоты $10^7 \div 10^9$ Гц. Частота и длина волны, как мы знаем (см. табл. 2), тесно связаны через скорость распространения. Например, частотному диапазону $\Delta f = 10^7 \div 10^9$ Гц отвечает диапазон длин волн в *воздухе* $\Delta \lambda = 3,4 \cdot (10^{-3} \div 10^{-5})$ см, в *воде* – $\Delta \lambda = 1,5 \cdot (10^{-2} \div 10^{-4})$ см, в *стали* – $\Delta \lambda = 5 \cdot (10^{-2} \div 10^{-4})$ см.

На границе ультразвука и гиперзвука длина волны в воздухе составляет $\lambda = 3,4 \cdot 10^{-5}$ см сопоставима с длиной свободного пробега молекул, что существенно препятствует распространению волн в этой среде. В жидкостях гиперзвук распространяется с трудом. Область его применения – твердые тела, предпочтительно, в монокристаллическом виде. На частоте $f = 1,5 \cdot 10^9$ Гц с прохождением каждого сантиметра гиперзвук ослабляется в два раза. Такая частота акустических волн сопоставима уже с электромагнитными колебаниями, поэтому все явления, связанные с гиперзвуком, сказываются на электромагнитных явлениях и наоборот.

Возникающие в кристалле высокочастотные колебания образуют оптическую и акустическую составляющую. Оптическая компонента вызвана электромагнитными излучениями и поглощениями при переходе электронов с одного энергетического уровня на другой. При этом часть энергии рассеивается на кристаллической решетке как раз в виде гиперзвука вперемешку с тепловым излучением. Подобно тому, как свет излучается и поглощается порциями, называемыми *фотонами*, гиперзвук излучается и поглощается *фононами* – акустическими квантами.

Поскольку ультразвуковые приборы широко используются в медицине, давайте немного задержимся на акустических колебаниях этого диапазона. Прежде всего заметим, что слово *ультразвук* сокращают до аббревиатуры УЗ. Последнюю букву в аббревиатуре УЗИ расшифровывают по-разному: *ультразвуковое излучение, изображение или исследование*. Широко приня-

тыми терминами являются: УЗИ-обследование, УЗИ-прибор, и намного реже: УЗ-обследование, УЗ-прибор. В основу физической работы УЗИ-прибора положен *эффект Доплера*. О нем подробно рассказывается на нашем сайте в следующих разделах:

- [О формуле, описывающей эффект Доплера](#) [Ниже в этом томе]
- [Естествознание. Лекция 4. Эффект Доплера](#) [ОАКЛ-2]
- Классический эффект Доплера: [1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#)
- [Часто задаваемые вопросы по эффекту Доплера](#) [Ниже в этом томе]
- [Использование в медицине поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы](#) [Ниже в этом томе]

Суть дела заключается в следующем. УЗИ-прибор посылает УЗ колебания, например, в область сердца. Его мышцы периодически сокращаются, что вызывает движение крови во всей сосудистой системе человека. В этой ситуации проявляется эффект Доплера, который описывается так называемой *традиционной* формулой:

$$f' = f \frac{1 - \beta_1 \cos \theta_1}{1 - \beta_2 \cos \theta_2}$$

Здесь f – частота излучения УЗИ-прибора и f' – частота, эхо-излучения, идущего от движущихся эритроцитов крови и принятая приёмником УЗИ-прибора; $\beta_1 = v_1/c$ – относительная скорость излучателя УЗ, $\beta_2 = v_2/c$ – относительная скорость приёмника эхо-излучения, c – средняя скорость распространения УЗ в организме человека; углы θ_1 и θ_2 образованы волновым вектором с вектором скорости движения, соответственно, приёмника v_1 и источника v_2 .

На эритроцитах происходит отражение УЗ сигнала, поэтому они сначала играют роль движущихся приёмников, затем – движущихся источников УЗ. Это обстоятельство сводит формулу, описывающую эффект Доплера, к виду:

$$f' = f \frac{1 + \beta \cos \theta}{1 - \beta \cos \theta} \approx f(1 - 2\beta \cos \theta)$$

Отсюда мы можем определить относительную скорость движения эритроцитов:

$$\beta = (f' - f) / 2 f \cos \theta.$$

При средней скорости ультразвука в организме человека $c = 1540$ м/с, скорость движения эритроцитов v лежит в пределах от нескольких сантиметров до 1–2 метров в секунду.

Традиционная формула позволяет найти скорость движущихся частиц только в том случае, когда излучатель и приёмник находятся под косыми углами к потоку: $\theta < 60^\circ$; при больших углах θ возникает большая погрешность. Если углы прямые: $\theta = \pm 90^\circ$, то определение скорости эритроцитов (β или v) становится делом совсем не возможным, так как $f' = f$.

Между тем, рис. 2. отчетливо демонстрирует нам, что воспринимаемая наблюдателем длина волны λ' , соответствующая воспринимаемой частоте f' , зависит не только от величины угла θ , но и от величины относительной скорости β . Нам говорят, что какой бы ни была скорость β , равенство $\lambda' = \lambda$ всегда наступит при угле $\theta = \pm 90^\circ$. Так думать – значит, сильно заблуждаться.

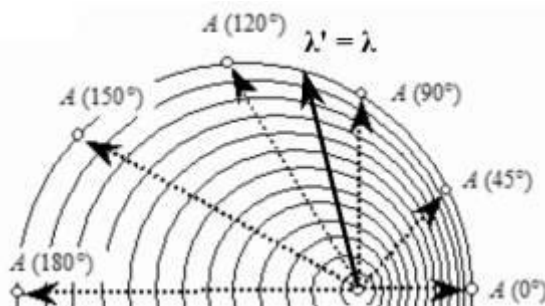


Рис. 2. Картина волн, расходящихся от движущегося вправо источника колебаний. Объективно мы видим, что для точки А (0°) $\lambda' = \lambda(1 - \beta)$, для точки А (180°) $\lambda' = \lambda(1 + \beta)$. Вопрос: при каком угле θ можно будет наблюдать равенство $\lambda' = \lambda$? Может быть, при $\theta = \pm 90^\circ$? Нет, это ошибка, так как величина угла θ явно зависит от значения β .

Неважно, где находится наблюдатель – рядом с источником, где-то в одной из точек А или смотрит на волновую картину откуда-нибудь сверху – в любом случае он сможет снять зависимость λ' от угла θ и скорости β :

$$\text{при } \theta = 0^\circ, \lambda' = \lambda (1 - \beta); \text{ при } \theta = 180^\circ, \lambda' = \lambda (1 + \beta).$$

Эти две формулы элементарны, и всем известны со школьной скамьи. Трудности вызывал случай равенства длин волн: $\lambda' = \lambda$. Где, в каком месте представленной здесь картины волн он произойдет?

Традиционно считалось, что этот момент наступит при угле $\theta = 90^\circ$. Но интуитивно каждый понимаем, что значение искомого угла θ зависит от скорости источника колебаний: чем больше скорость β , тем больше линия, где $\lambda' = \lambda$, отклоняется влево от вертикали (рис. 2), т.е. угол θ становится всё более тупым. Не может получаться так, что скорость β как-то меняется, а угол θ остается постоянно прямым.

Итак, из ранее приводимой формулы:

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right)$$

нам нужно определить, как меняется угол θ в зависимости от скорости β , когда выполняется равенство: $\lambda' = \lambda$. Если подставить это условие в данную формулу, то найдем простую зависимость:

$$\beta = -2 \cos \theta \text{ или } \theta = \arccos(-\beta/2).$$

Для наглядности составим нижеследующую таблицу, из которой можно видеть, что любая скорость источника приводит к отклонению луча, для которого $\lambda' = \lambda$, от вертикальной линии в противоположную сторону от направления движения источника. Данное отклонение является следствием проявления абберации, хорошо известное физикам. Если $\beta > 0$, то $\theta > 90^\circ$. По достижении скорости $\beta = 1$, угол отклонения в точности равен $\theta = 120^\circ$.

Таблица 5

Скорости β и углы θ , сохраняющие условие равенства длин волн $\lambda' = \lambda$.

β	θ
0,0001	90°,003
0,001	90°,03
0,01	90°,3
0,1	92°,9
0,2	95°,7
0,4	101°,5
0,6	107°,5
0,8	113°,6
1,0	120°,0
1,2	126°,9
1,4	134°,4
1,6	143°,1
1,8	154°,1
2,0	180°,0
2,2	—

Ничего качественно нового не произойдет, когда скорость звука будет преодолена (рис. 3): $\beta > 1$. И только при $\beta \geq 2$ наступает ограничение для выполнения условия $\lambda' = \lambda$. Скорость источника может быть, конечно, любой, в том числе и $\beta = 2,2$, только воспринимаемая длина волны никогда не будет равна собственной длины волны источника: $\lambda' \neq \lambda$.

Что здесь может помешать выполнению условия $\lambda' = \lambda$? Разве кто-нибудь отменял выше написанные формулы –

$$\text{при } \theta = 0^\circ, \lambda' = \lambda (1 - \beta); \text{ при } \theta = 180^\circ, \lambda' = \lambda (1 + \beta) ?$$

Да, первая формула для угла $\theta = 0^\circ$ здесь отменена. Дело в том, что исходная формула накладывает еще одно ограничение на углы и скорости, а именно: подкоренное выражение всегда должно быть положительным:

$$1 - \beta^2 \sin^2 \theta \geq 0, \sin \theta \leq \pm 1 / \beta \text{ или } \theta \leq \pm \arcsin(1 / \beta).$$

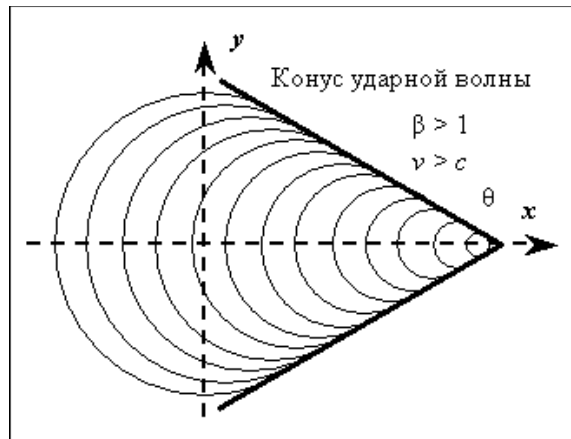


Рис. 3. Конус ударной волны образуется при $\beta > 1$.

Это ограничение дает формулу Маха для нахождения углов внутри конуса ударной волны. Пусть $\beta = 2,2$, тогда, согласно последнему ограничению, имеем:

$$\theta \leq \pm \arcsin(0,45) = \pm 27^\circ.$$

Это означает, что при $\beta = 2,2$ волны не выходят за пределы конуса ударной волны с углами при вершине $\pm 153^\circ$, если отсчет вести от положительного направления оси x . Таким образом, при $\theta = 180^\circ$ будем иметь $\lambda' = 3,2 \lambda$, что допустимо, а угол $\theta = 0^\circ$ в этой ситуации мы просто не имеем права рассматривать. В этом направлении у нас получилась бы отрицательная длина волны $\lambda' = -1,2 \lambda$, что с точки зрения физики лишено всякого смысла. Эта важная тема более детально обсуждается на странице

[Использование в медицине поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы](#)

До сих пор была рассмотрена ситуация с одним движущимся источником. Когда же движутся и источник и приемник, исходная формула изменится на следующую:

$$f' = f \frac{\sqrt{1 - \beta_1^2 \sin^2 \theta_1} - \beta_1 \cos \theta_1}{\sqrt{1 - \beta_2^2 \sin^2 \theta_2} - \beta_2 \cos \theta_2}$$

В этом случае для нахождения β или v , когда $\theta < 60^\circ$, можно будет воспользоваться выражением –

$$\beta = \pm (\sin^2 \theta + F^2 \cos^2 \theta)^{-1/2}, \text{ где } F = (f' + f) / (f' - f),$$

а когда $\theta = \pm 90^\circ$, точным выражением –

$$\beta = \pm [1 - (f' / f)^2]^{-1/2}.$$

Насколько заметно отличаются результаты вычислений по формуле Доплера для плоской и сферической волны, если иметь в виду медицину? Остановимся на этом важном для нас моменте и рассмотрим его чуть более детально. Обычно рассуждают следующим образом.

Пусть через клапан аорты сердечной мышцей кровь выталкивается со скоростью $v = 2$ м/с. Если смотреть на вектор скорости под углом $\theta = 0^\circ$, то $\cos \theta = 1$ и воспринимаемая датчиком скорость таковой и будет: $v' = v = 2$ м/с. Если смотреть на вектор под углом $\theta = 90^\circ$, то $\cos \theta = 0$ и воспринимаемая датчиком скорость $v' = 0$ м/с. Если взять три значения угла, например, $\theta = 10^\circ$, 30° и 60° , то воспринимаемые датчиком скорость $v' = v \cos \theta$ будет соответственно равна $v' = 1.97$, 1.73 и 1.0 м/с (рис. 4). Поскольку локация эритроцитов производится при помощи ультразвука, распространяющегося со скоростью $c = 1540$ м/с, то воспринимаемая датчиком скорость будет не v' , а

$$c' = c - v \cos \theta,$$

которая и определяет закон Доплера в его традиционном понимании.

Эти рассуждения кажутся настолько безупречными, что никто и никогда их не ставил под сомнение. Между тем, с точки зрения физических процессов, протекающих в приборах, основанных на принципе локации, такая логика справедлива только для *плоских волн*. Если же источник излучения *точечный* и волны расходятся *сферически*, то воспринимаемая датчиком скорость кровотока изменится на известное нам выражение:

$$c' = \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta} - v \cos \theta$$

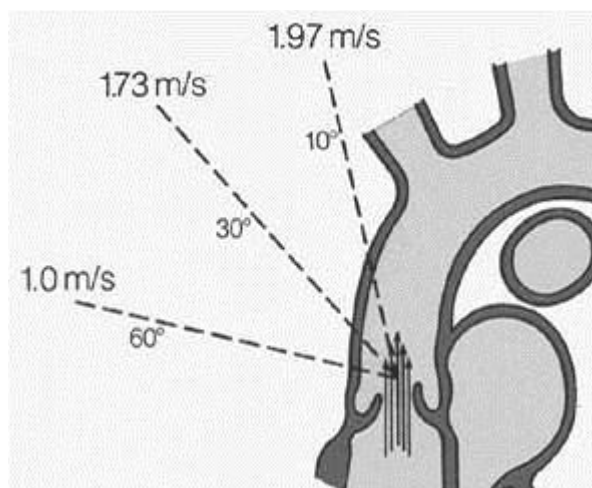


Рис. 4. Если скорость кровотока, идущего через клапан аорты составляет $v = 2$ м/с, то измерение ее под углами $\theta = 10^\circ$, 30° и 60° даст величины $v' = 1.97$, 1.73 и 1.00 м/с, соответственно.

Очевидно, что разница величин между плоским и сферическим случаем всецело определяется радикалом, который показывает, насколько 1 отличается от квадратного корня:

$$\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} = 1 - \frac{1}{2} \beta^2 \sin^2 \theta$$

При локации, как мы знаем, эффект Доплера удваивается ($2\beta \cos \theta$) за счет падающего (Π_i) и отраженного (O_i) луча (рис. 5), поэтому искомая сферическая поправка определяется выражением $\beta^2 \sin^2 \theta$.

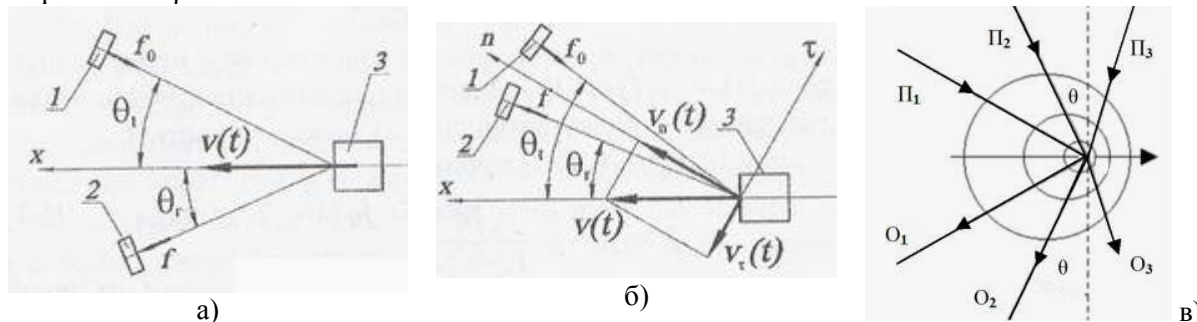


Рис. 5. Схема ультразвуковой локации движущегося одиночного объекта: а – с разнесенными приемником и передатчиком; б – с близко расположенными друг к другу приемником и передатчиком (1 – передатчик, 2 – приемник, 3 – объект локации, $v(t)$ – скорость объекта); в – падающие (Π_i) и отраженные (O_i) волны; угол падения равен углу отражения, следовательно, вернувшийся в прибор отраженный луч испытает эффект Доплера дважды.

При типичных для биомедицины скоростях порядка $\beta = 0,001$ будем иметь значения, которые занесены в табл. 6.

Таблица 6

Эффект Доплера и сферические поправки к нему для биомедицинской скорости $\beta = 0,001$

θ	$2\beta \cos \theta \cdot 10^{-3}$	$\beta^2 \sin^2 \theta \cdot 10^{-6}$
0°	2.000	0.00
10°	1.970	0.03
20°	1.879	0.12
30°	1.732	0.25
45°	1.414	0.50
60°	1.000	0.75
70°	0.684	0.88
75°	0.518	0.93
80°	0.347	0.97
85°	0.174	0.99

86°	0.139	0.995134
87°	0.105	0.997261
88°	0.070	0.998782
89°	0.035	0.999695
89,2°	0.028	0.999805
89,4°	0.021	0.999890
89,6°	0.014	0.999951
89,8°	0.007	0.999988
89,9°	0.003	0.999997
90,0°	0.000	1.000000

Таким образом, при частоте излучателя $f = 10$ МГц прибор, работающий по сферической формуле, зарегистрирует поперечный эффекта Доплера, равный 10 Гц. При углах 60° и 120° ошибка составит 7,5 Гц и т.д.

Так как сферическая поправка пропорциональна β^2 , а величина Доплер-эффекта – β , то разница между результатами измерения по формуле для плоской волны и сферической в широком диапазоне углов крайне незначительная. Однако при углах $\theta = 90^\circ \pm 5^\circ$ вклад поправки $\beta^2 \sin^2 \theta$ возрастает. Чтобы исключить провал достоверных данных по скорости кровотока в этом узком секторе углов, необходимо воспользоваться доплеровской формулой именно для сферической волны. На Западе вот уже несколько лет выпускаются медицинские УЗИ-аппараты, способные определять скорость эритроцитов и на прямых углах θ , равных 90° .

В справедливости действия сферического закона Доплера можно убедиться на примере сравнительно доступной и безопасной стрельбы из пневматического ружья (рис. 6). В воздухе скорость звука в 4,5 меньше, чем в органической среде; примем ее равной $c = 330$ м/с. Пусть скорость пули в месте, где измеряется доплеровская частота, равна $v = 110$ м/с; в этом случае $\beta = 1/3$. Приблизительно при угле $\theta = 81.6^\circ$ (табл. 7) величина сферической поправки становится равной величине эффекта Доплера:

$$2\beta \cos \theta = \beta^2 \sin^2 \theta = 0.088.$$

Таблица 7

Эффект Доплера и сферические поправки к нему для движущейся пули пневматического ружья $\beta = 1/3$

θ	$2\beta \cos \theta$	$\beta^2 \sin^2 \theta$
0°	0.60	0.000
10°	0.59	0.003
20°	0.56	0.011
30°	0.52	0.023
45°	0.42	0.045
60°	0.30	0.068
70°	0.21	0.079
75°	0.16	0.084
80°	0.10	0.087
81.6	0.088	0.088
85°	0.052	0.089
86°	0.042	0.089562
87°	0.031	0.089753
88°	0.021	0.089890
89°	0.010	0.089973
89,2°	0.008	0.089982
89,4°	0.006	0.089990
89,6°	0.004	0.089996
89,8°	0.002	0.0899989
89,9°	0.001	0.0899997
90,0°	0.000	0.0900000



Рис. 6. Эксперимент по измерению поперечного Доплер-эффекта

Этот эксперимент несложно осуществить. «Школьное» пневматическое ружье МР-512 может использоваться для охоты на змей и мышей. У него начальная скорость вылета пули равна $v = 180$ м/с. На расстоянии $d = 20$ м пуля обладает скоростью порядка 110 м/с и способна убить даже крысу. Есть пневматические оружия, стреляющие пулями с начальной скоростью, равной скорости звука, т.е. порядка $v = c = 330$ м/с. Ружье считается хорошим, если оно стреляет с начальной скоростью $v = 250$ м/с и поражает цель на расстоянии $d = 50$ м с убийной скоростью пули 150 м/с.

Для проведения эксперимента по измерению *поперечного Доплер-эффекта* лучше взять, конечно, профессиональное оружие типа Diana 52 ($v = 320$ м/с, $d = 75$ м) или Gamo Hunter 440 ($v = 305$ м/с, $d = 60$ м). Стрелять нужно в тире, в котором на расстоянии 50 м установлены звуковой генератор вместе с динамиком и приемник с микрофоном и усилителем.

Приемник должен быть *избирательным*, т.е. иметь *высокодобротный* резонансный контур, заранее настроенный на ожидаемую доплеровскую частоту – в противном случае, отраженная волна будет подавлена падающей. Для точного измерения скорости звука и пули необходим также *измеритель временных интервалов*, например «Ива-2» с погрешностью $\tau = 0,5$ мкс, и чувствительные фотодатчики к нему. Зная временной интервал и пройденный отрезок пути, всегда можно вычислить скорость.

Величина относительной скорости $\beta = 1/3$ всё ещё слишком мала, чтобы наглядно увидеть отличие формул для плоского и сферического случая. На рис. 7 взято значение $\beta = 2/3$ и в полярных координатах при $\lambda = 1$ построены два графика: синяя кривая – она называется *кардиоидой* – для плоского случая и красный круг, лежащий внутри кардиоиды – для сферического случая. Полярные координаты, вычерченные пунктирными линиями, имеют удобную разметку: четыре концентрических окружности радиусами 0.5, 1, 1.5 и 2 масштабных единиц, а также 12 радиальных прямых, отвечающих углам $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, \dots$

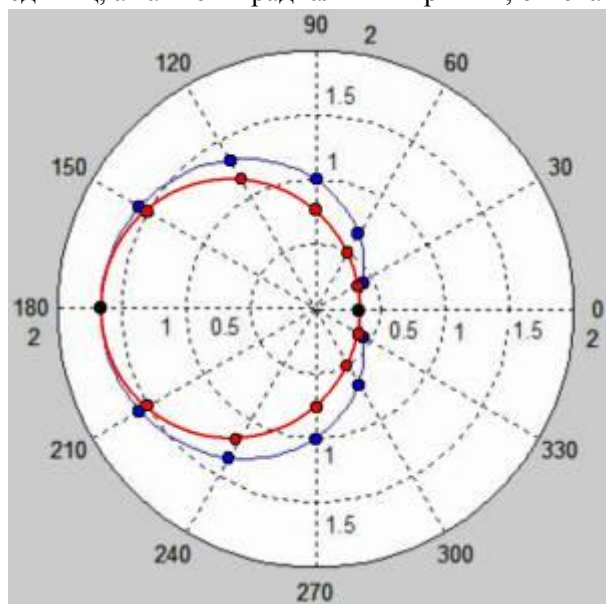


Рис. 7. Графики для $\beta = 2/3$ и $\lambda = 1$, вычерченные в полярных координатах, как наиболее подходящих; уравнение окружности:

$$\lambda' = \lambda[(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{1/2} - \beta \cos \theta],$$

уравнение кардиоиды:

$$\lambda' = \lambda(1 - \beta \cos \theta);$$

$\theta = 0^\circ$	$\lambda' = 0.3333$	$\lambda' = 0.3333$
$\theta = 30^\circ$	$\lambda' = 0.4226$	$\lambda' = 0.3655$
$\theta = 60^\circ$	$\lambda' = 0.6667$	$\lambda' = 0.4832$
$\theta = 90^\circ$	$\lambda' = 1.0000$	$\lambda' = 0.7454$
$\theta = 120^\circ$	$\lambda' = 1.3333$	$\lambda' = 1.1498$
$\theta = 150^\circ$	$\lambda' = 1.5774$	$\lambda' = 1.5202$
$\theta = 180^\circ$	$\lambda' = 1.6667$	$\lambda' = 1.6667$

Часто спрашивают: почему берутся полярные, а не декартовы координаты? Ответ очень прост: полярные координаты больше всего подходят для расходящихся по всем направлениям волн. Теперь отойдем от темы эффекта Доплера и зададимся вопросом: что дает медикам точные знания скорости движения эритроцитов по кровеносной системе человека?

Из физики известно, что сужение просвета в сосуде приводит к увеличению скорости потока. Следовательно, в сосуде, в котором образовалась бляшка, кровь будет течь быстрее, чем в других частях этого сосуда. Данное требование вытекает из закона сохранения массы: жидкая масса (вода, кровь, лимфа), вытекающая из системы трубок, должна быть в точности равна массе втекающей жидкости.

В самом деле, в *жесткой* трубке с различной площадью сечения в любой момент времени расход жидкости (Q) постоянен, что выражается равенством произведения скорости (u_i) на соответствующую площадь сечения (A_i):

$$Q = u_1 A_1 = u_2 A_2.$$

В предельно *эластичной* трубке площадь сечения может меняться под действием внутреннего давления. Тогда за счет разности в расходе жидкости ΔQ произойдет увеличение объема в заштрихованной области (рис. 8):

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = u_1 A_1 - u_2 A_2.$$

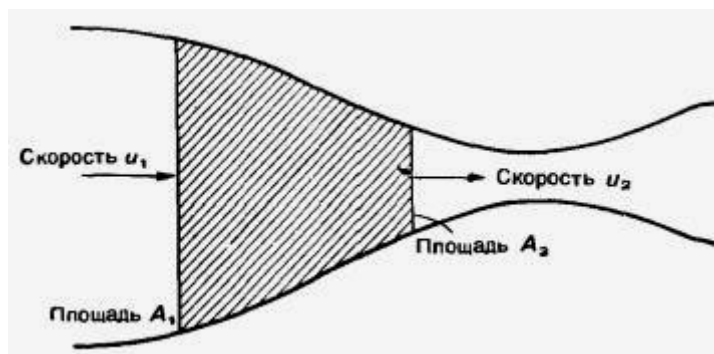


Рис. 8. Трубка с переменным сечением (взято из [1, с. 60]).

Здоровые кровеносные сосуды обладают кратковременной эластичностью, но при длительном патологическом сужении отверстия трубки действует закон сохранения жидкой массы.

Таким образом, УЗИ-прибор позволяет найти места нарушения кровоснабжения органа или ткани по причине закупорки сосуда какими-либо частицами. Ультразвуковая диагностика позволяет обнаруживать тромбозы, эмболию, спазмы сосудов, врожденные пороки сердца, возрастные дефекты клапанов сердца и ног, закупорку кровеносных сосудов, области с неудовлетворительной циркуляцией крови вокруг головного мозга и многое другое. Ультразвуковая локация способна отличить *ламинарный* кровоток от *турбулентного*, когда в кровотоке образуются завихрения. Последние возникают по причине какого-нибудь дефекта сердечно-сосудистой системы, препятствующего протеканию крови.

Далее мы продолжим вводить важнейшие понятия, характеризующие параметры некоего идеального колебательного процесса, взятые преимущественно из "Физической энциклопедии" [2]. В упругой среде без дисперсии плоская волна описывается *гармоническим законом*, амплитуда которого не затухает с течением времени и может передаваться в неизменном виде на бесконечно большие расстояния:

$$p = P \cos (\omega t - kx + \varphi),$$

где p – звуковое давление, P – амплитуда или максимальное значение p , $\omega = 2\pi f$ – круговая частота колебаний, $k = 2\pi / \lambda$ – волновое число, φ – начальная фаза колебаний, x – ось абсцисс, вдоль которой упругая волна распространяется со скоростью $c = \omega / k$ в течение времени t .

Заметим попутно, что понятия волнового числа удобно совмещать с понятием *круговой* (угловой или *циклической*) частоты, которая измеряется в *радианах за секунду* [рад/с].

В единицах СИ давление измеряется в паскалях: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$; в системе СГС используется $1 \text{ дин} / \text{см}^2 = 0,1 \text{ Па} = 0,1 \text{ Н} / \text{м}^2$. Внесистемными единицами являются техническая атмосфера: $1 \text{ ат} = 0,98 \cdot 10^6 \text{ дин} / \text{см}^2 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Н} / \text{м}^2$ и бар: $1 \text{ бар} = 10^6 \text{ дин} / \text{см}^2$.

Волновое число – это длина *волнового вектора*, направление которого совпадает с направлением распространения волны. Таким образом, волновой вектор перпендикулярен к линии или поверхности волнового фронта и совпадает с направлением импульса, который действует на каждую частичку среды. В частности, в квантовой механике хорошо известна элементарная формула $p = \hbar k$, где $\hbar$ – постоянная Планка. В классической механике ей ставится в соответствие выражение $p = Ek / \omega$, где E – акустическая *плотность энергии*. В анизотропных средах, к которым относится большинство кристаллов, направление импульса или волнового вектора может не совпадать с направлением переноса акустической энергии.

В идеальном случае недисперсионной среды смещение (a) частицы под воздействием давления p можно определить через колебательную скорость частицы v и другие известные нам параметры следующим образом:

$$a = v / 2\pi f = p / 2\pi f Z = p / Z \omega = v / \omega.$$

Колебательная скорость (v) отличается как от скорости распространения звуковой волны (c), так и от скорости перемещения самой среды. Давление, создаваемое акустической волной, пропорционально произведению круговой частоты (ω), плотности среды (ρ), скорости звука (c) и смещению (a). Для гармонического колебания среды с максимальным смещением частиц от положения равновесия (A – амплитуда колебаний) имеем следующие выражения для давления:

$$p = \omega \rho c a = \omega Z a = Z u / \omega = c (\rho E)^{1/2} = (NE / A)^{1/2}$$

где u – ускорение частицы как первая производная от скорости (v) или вторая производная от смещения (a), N – мощность звука [Вт], E – акустическая плотность энергии [$\text{Вт} \cdot \text{с} / \text{м}^3$].

Максимальное давление в среде (P), отвечающее амплитуде A , создается на расстоянии $\lambda/4$; на расстоянии $\lambda/2$ давление равно первоначальному (равновесному); на расстоянии $3\lambda/4$ давление снова становится максимальным, но действует уже в противоположном направлении, так как частицы среды отклоняются в обратную сторону. Максимального *ускорения* ($U = 2\omega A$) движущиеся частицы достигают на расстоянии $\lambda/2$ при первоначальном давлении среды.

Интенсивность звука (I) выражается отношением потока звуковой энергии к площади поверхности, которую этот поток пересекает – E / S [$\text{Вт} / \text{м}^2$]. Для плоской акустической волны, падающей на поверхность перпендикулярно, интенсивность можно выразить через давление, колебательную скорость и сопротивление:

$$I = pv / 2 = Zv^2 / 2 = p^2 / 2Z$$

Локальное давление среды создается смещением самостоятельных частиц или бесконечно малых объемов непрерывной среды, колеблющихся около положения равновесия (например, исходное атмосферное давление) при прохождении звуковой волны. Локальное отклонение давления от давления равновесного, как правило, очень мало. Например, оглушительный звук при взлете реактивного самолета создает в атмосфере Земли на уровне океана перепады давления порядка 101323,6 – 101326,4 Па.

Перепады давления измеряются беллах (Белл – изобретатель телефона): $1 \text{ белл} = \log (P / P_0)$. На практике удобно пользоваться десятичными логарифмами:

$$1 \text{ дБ} = 10 \lg (p^2 / p_0^2) = 20 \lg (A / A_0),$$

где p (или A) – давление (или амплитуда) звукового сигнала, которая сравнивается с некоторым базовым давлением p_0 (или базовой амплитудой A_0). В качестве базовой величины берется давление 20 микропаскаль ($20 \mu\text{Па}$).

Если мощность сигнала увеличится в M раз, то уровень сигнала увеличится на N децибел, в частности:

$$\begin{array}{cccccccc} M = & 2 & 3 & 5 & 10 & 100 & 1000 & 10000 \dots \\ N = & 3 & 4,8 & 7 & 10 & 20 & 30 & 40 \dots \end{array}$$

Скорость изменения *фазы* акустической волны, т.е. переменного угла $\theta(t, x) = \omega t - kx + \phi$, стоящего под знаком косинуса в выражении для гармонического закона, называется *фазовой скоростью*. В случае простого гармонического колебания она в точности совпадает со скоростью звука ($v_\phi = c = \omega / k$). Если рассматривать скорость перемещения волновых гребней (пунктирные линии) вдоль некоторой оси x' (рис. 9), образующей угол α с осью x , то она окажется выше, так как $v'_\phi = v_\phi / \cos \alpha$. Здесь уместно следующее сравнение. Как известно, скорость движения

границы тени при утреннем восходе и вечернем заходе солнца намного выше, чем в полдень, так как косые лучи перемещаются быстрее прямых.

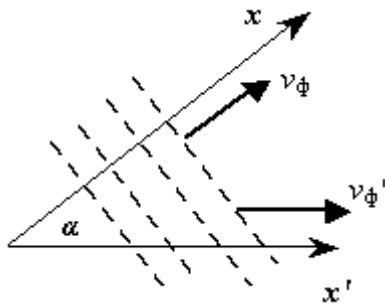


Рис. 9. Распространение плоских волн (пунктирные линии) с фазовой скоростью v_ϕ вдоль оси x и со скоростью v'_ϕ вдоль оси x' ($v'_\phi > v_\phi$).

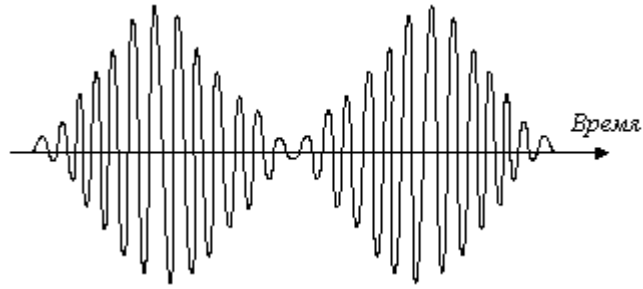


Рис. 10. Волновые пакеты (биения), образованный двумя гармоническими колебаниями, в частности, падающим и отраженным сигналом.

Наряду с фазовой скоростью существует *групповая*, с которой перемещается группа или пучок волн (рис. 10). Эти две скорости совпадают; $v_\phi = v_{гр}$, если пучки образованы суммой двух или нескольких *гармонических* колебаний. В нелинейной среде, где нарушается принцип суперпозиций, или в дисперсионной среде с тепловыми потерями равенство переходит в неравенство: $v_\phi > v_{гр}$. Далее наметим математический подход к нахождению групповой скорости.

Выше было дано определение фазовой скорости, вытекающее из математической записи фазы гармонического колебания: $\theta = \omega t - kx + \phi$. Если имеются два гармонических колебания с небольшой разницей в частоте, то возникает сложное колебание с биениями (см. рис. 10), фаза которого можно представить в виде следующего выражения:

$$\theta = (\omega_0 \pm \Delta\omega) t - (k_0 \pm \Delta k) x + \phi,$$

где ω_0 – среднее значение угловой скорости, k_0 – среднее значение волнового числа, $\Delta\omega$ и Δk – соответствующие отклонения от средних значений. В целом это сложное колебание будет распространяться в среде с фазовой скоростью $v_\phi = \omega_0 / k_0$, но его огибающая (т.е., собственно, сами биения) будут двигаться уже с групповой скоростью $v_{гр} = \Delta\omega / \Delta k$.

В дисперсных средах все резко усложняется, хотя математическое определение групповой скорости, как $v_{гр} = d\omega / dk$, сохраняется прежним. Для нахождения групповой скорости в каждом конкретном случае требуется знать так называемый *дисперсионный закон*: $\omega = \omega(k)$, который зачастую не так просто отыскать для реальных веществ. Поскольку с частотой однозначно связана энергия (E), а с волновым вектором – импульс (p), то закон дисперсии отображает распределение энергии в импульсном пространстве возбужденной среды: $E = E(p)$.

Идеальные условия соблюдения гармоничности колебаний могут нарушаться многими способами. Им будут соответствовать и различная природа волновых групп, на которые распадается исходное возбуждение среды. Так, брошенный в воду камень образует на поверхности воды *затухающие* колебания (рис. 11), скорость которых определяется в основном *силами поверхностного натяжения*, если камнем является крохотная песчинка, или *силами гравитации*, если камень больших размеров и образованные им волны колеблют весомые объемы воды. Еще на колебания водной глади может оказывать воздействие постоянно дующий ветер или близость дна (граница глубины).

Первый большой всплеск вызовет череду волн, амплитуда которых начнет быстро спадать. Большая амплитуда создает нелинейную ситуацию, которая описывается сложными математическими уравнениями. В области первого всплеска образуются волны, которые равноускоренно удаляются от точки падения камня с последовательными ускорениями, равными

$$a_1 = 0,325g, a_2 = 0,069g, a_3 = \dots,$$

где g – ускорение свободного падения. Когда амплитуда волны выйдет на какую-то более или менее постоянную величину, закон дисперсии на отдаленном от точки падения камня участке можно представить достаточно простой формулой:

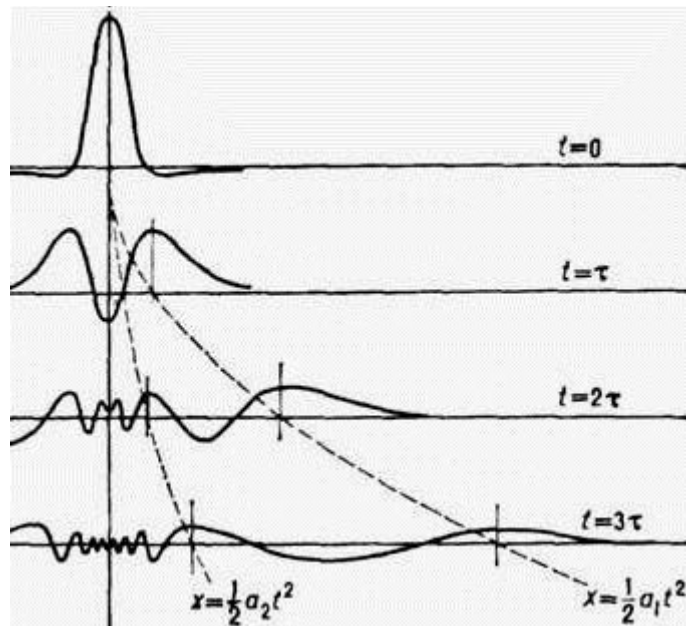


Рис. 11. Колебания водной глади, возникшие от падения камня в воду.

$$\omega = \sqrt{gk + \frac{\delta k^3}{\rho}},$$

где δ – коэффициент поверхностного натяжения. Для *гравитационных* поверхностных волн на глубокой воде параметром дисперсии является ускорение свободного падения g ($\omega^2 = gk$); для *капиллярных* волн – отношение коэффициента поверхностного натяжения δ к плотности жидкости ρ ($\omega^2 = k^3 \delta / \rho$).

Фазовая и групповая скорость здесь ищутся в соответствии с выше приведенными формулами: $v_{\text{ф}} = \omega / k$ и $v_{\text{гр}} = d\omega / dk$. Для чисто гравитационного случая, когда величиной δ можно пренебречь, $v_{\text{ф}} = 2v_{\text{гр}} = g / \omega$. Минимальное значение фазовой скорости $v_{\text{ф}} = 23$ см/с достигается при $\lambda_0 = 1,7$ см. При длине волны $\lambda > \lambda_0$ имеем *гравитационные* волны, при $\lambda < \lambda_0$ – *капиллярные*.

Вертикальные колебания поверхности возникают как следствие кругового движения жидкости на глубине (рис. 12а). Смещения молекул в плоскости рисунка определяются следующими формулами:

$$a(z, x, t) = A(z) \cos(\omega t - kx), \quad A(z) = A_0 \exp(-kz),$$

где A_0 – амплитуда смещения, $A(z)$ – радиус окружности вращения молекул, который зависит от глубины z .

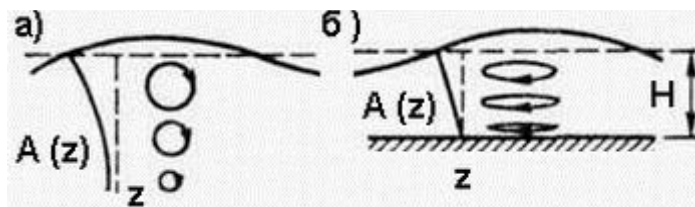


Рис. 12. Колебания поверхности воды на глубине (а) и на мелководье (б)

Если глубина ограничена дном $z = H$ (рис. 12б), то круговые движения молекул деформируются в эллиптические, вытянутые по горизонтали:

$$A(z, H) = A_0 \text{sh}[(H - z)k] / \text{sh}(Hk).$$

и в законе дисперсии фигурирует значение H :

$$\omega = \sqrt{\text{th} kH \left(gk + \frac{\delta k^3}{\rho} \right)}.$$

Для коротких волн, когда $Hk \gg 1$, гиперболический тангенс ($\text{th } Hk$) ≈ 1 , так что дно не будет помехой для их распространения. Но для длинных волн ($Hk \ll 1$) дисперсионный закон приобретает вид: $\omega = k(gH)^{1/2}$ и групповая скорость равна фазовой:

$$v_{\text{гр}} = v_{\text{ф}} = (gH)^{1/2}.$$

Итак, мы проанализировали влияние глубины H на величину групповой скорости для идеально *гофрированных* волн. Наличие ветра изменит форму колебаний и для ее математического описания придется внести существенные изменения.

В акустических системах тоже не существует какой-то одной универсальной формулы для нахождения закона дисперсии и групповой скорости. Всякий раз нужно исследовать конкретные физические условия, которые не всегда просто установить и математически описать.

Вообще, любая модель сложного физического процесса почти всегда является упрощением и одной из возможных вариантов. Тем не менее, имеются какие-то общие соображения, справедливые для всех без исключения нелинейных систем с затуханиями. К ним, в частности, относится быстрое угасание высших гармоник по сравнению с низшими. Как это нужно понимать?

Дело в том, что Фурье дал методику разложения любого сколь угодно сложного колебания на сумму синусоидальных составляющих (гармоник). Число гармоник может быть конечным или бесконечным. На рис. 13 показана сумма четырех гармоник с конкретными числовыми параметрами (пример взят из [1]):

$$u = A_0 + A_1 \cos(\omega t + \theta_1) + A_2 \cos(2\omega t + \theta_2) + A_3 \cos(3\omega t + \theta_3) + A_4 \cos(4\omega t + \theta_4)$$

$$A_0 / A_1 = 0,44, A_2 / A_1 = 0,97, A_3 / A_1 = 0,47, A_4 / A_1 = 0,14;$$

$$\theta_1 = -58^\circ, \theta_2 = -151^\circ, \theta_3 = +124^\circ, \theta_4 = +86^\circ.$$

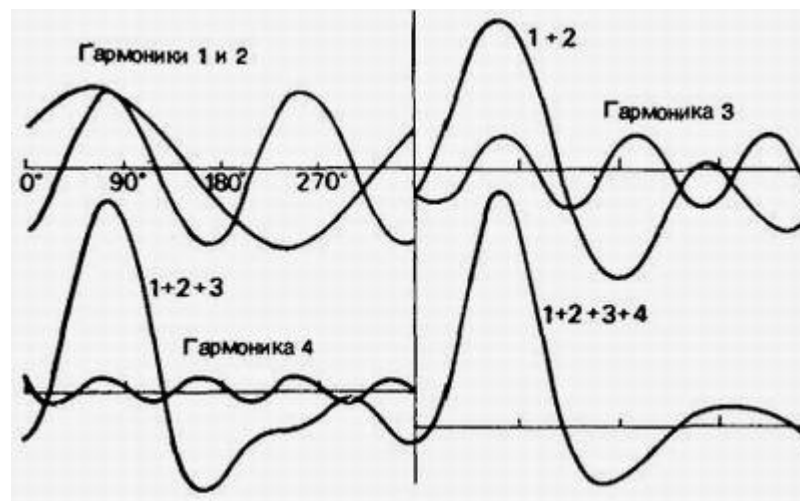


Рис. 13. Фурье-анализ: разложение сложного колебания на четыре гармоники

Так вот, в среде с затуханием четвертая гармоника начнет исчезать первой. В результате исходный сигнал ($1 + 2 + 3 + 4$) превратится в искаженный сигнал ($1 + 2 + 3$). Затем он превратится в сигнал ($1 + 2$) и последней исчезнет самая первая гармоника.

Всякое возбуждение в среде можно развернуть либо во времени, либо по оси частот. Так как период и частота колебаний находятся во взаимно обратной зависимости ($T = 1 / f$), то говорят либо о прямом (t), либо об обратном (f) представлении сигнала (рис. 14, взят из [3, с. 16]), которые между собой связаны преобразованиями Фурье. Прямое преобразование Фурье позволяет по известной импульсной функции $p(t)$ найти неизвестный спектр $G(f)$; обратное преобразование, действует, наоборот, от $G(f)$ к $p(t)$.

Добавим, что обычно пользуются угловой частотой $\omega = 2\pi f$, а не параметром f . Аналогичная связка через преобразования Фурье действует в отношении длины волны (λ) и волнового числа $k = 2\pi / \lambda$ (собственно, сам коэффициент 2π диктуется Фурье-преобразованием). Пространственным Фурье-преобразованием удобно пользоваться, когда имеешь дело, например, с дисперсией электронов на кристаллической решетке, которую тоже изображают в прямом и обратном пространстве. В этом случае длина волны (λ) электронной ψ -функции совпадает с периодом элементарной решетки. Более глубокий смысл этих пространств и преобразований

раскрывается в ряде разделов «Конструктивной математики» (начать можно с раздела [Структурный фактор](#)).

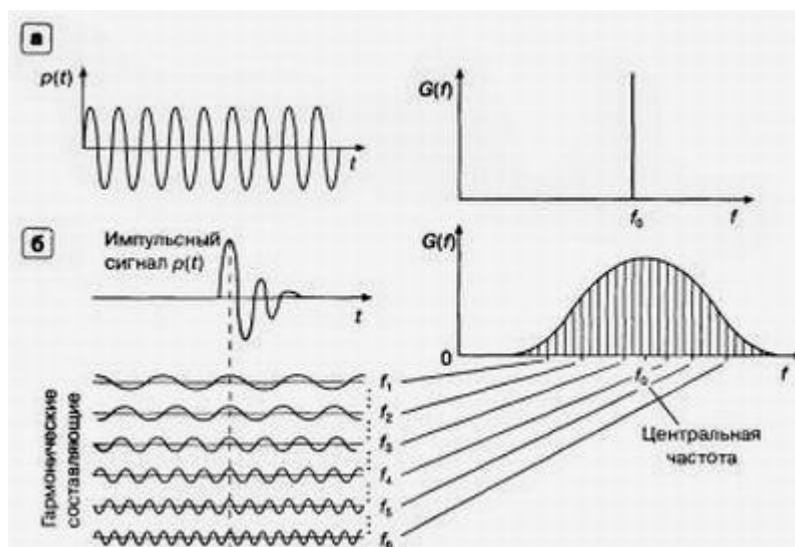


Рис. 14. Прямое (t) и обратное (f) представление сигналов: а) простое гармоническое колебание, б) импульсный сигнал, который можно представить совокупностью гармоник. Здесь $p(t)$ – функция, описывающая изменения формы импульса во времени; $G(f)$ – спектральная функция.

Выше уже говорилось, что сложный сигнал можно разложить в ряды Фурье, состоящие из совокупности гармонических колебаний с различной амплитудой, частотой и начальной фазой (рис. 14б). Обычно, на средние или центральные частоты приходится максимальная мощность (амплитуда) сигнала. Поэтому в большинстве случаев спектры имеют колоколообразный вид.

Говорилось также, что колебания с малой длиной волны, сопоставимой с размерами молекул и межмолекулярными расстояниями, испытывают наибольшее затухание и торможение. Другими словами, спектры в первую очередь теряют правый высокочастотный «хвост». Это оборачивается тем, что исходное возбуждение при прохождении через дисперсную среду расплывается, его острые углы округляются, как это показано на рис. 15.

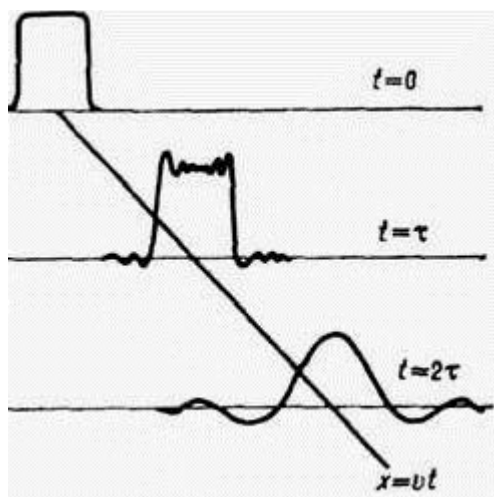


Рис. 15. Расплывание импульса за счет затухания в среде высших гармоник.

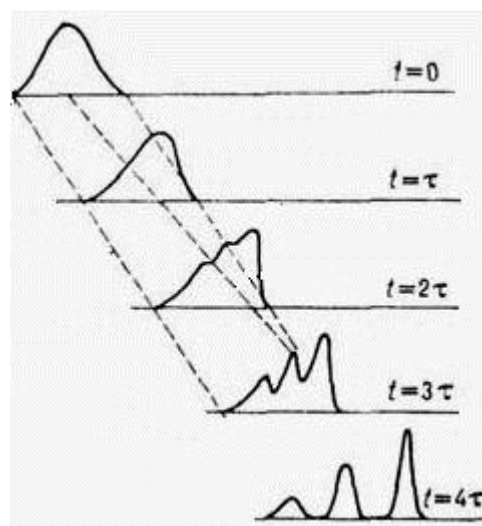


Рис. 16. Расщепление одиночного возбуждения на несколько вторичных импульсов, перемещающихся с одной групповой скоростью.

Многие из нас проходили обследование с помощью ультразвука. Жидкости различной консистенции, сосудистая система кровотоков, волокна мышц, жировые отложения и многие

другие ткани образуют сложную биологическую структуру, способную расщепить одиночный исходный сигнал на группу сигналов (рис. 16).

Может случиться и так, что каждый вторичный импульс, возникший в результате расщепления исходного, начнет двигаться в более или менее однородной среде со своей собственной групповой скоростью v_1 , v_2 , v_3 и т.д. (рис. 17).

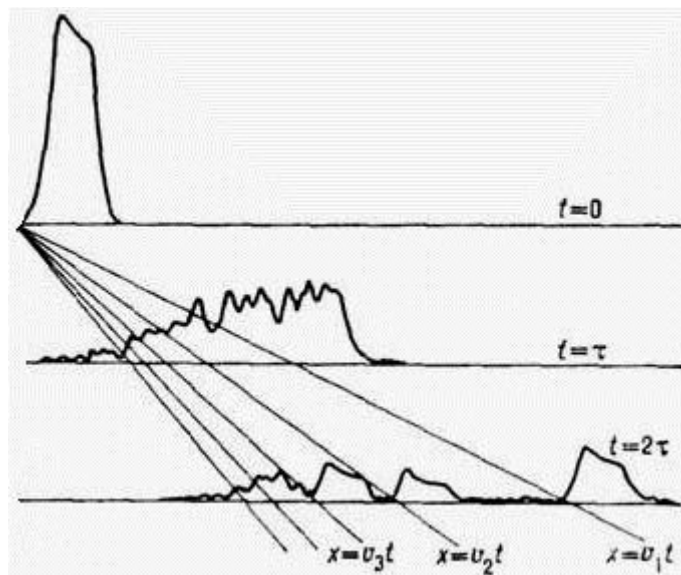


Рис. 17. Движение вторичных импульсов с различными групповыми скоростями.

Во всех таких случаях *фазовая скорость* превращается в некую абстракцию или, по крайней мере, перестает играть сколько-нибудь значимую роль, поскольку импульсы – а вместе с ними и *энергия возбуждения* – распространяются в среде с *групповой скоростью*.

Понятие о *затухании*, как строго количественную величину, введем через *уравнение движения* материальной точки, как это сделано в [1].

Пусть частица среды массой m колеблется по прямой около своего положения равновесия Р. Если y – расстояние частицы от точки Р, то величина возвращающей силы, направленной к Р, пропорциональна y и равна, Ky , где K – некоторая положительная постоянная. Под действием этой возвращающей силы частица совершает колебательные движения с постоянно меняющимся ускорением. Такое движение будет описываться уравнением

$$md^2y/dt^2 = -Ky,$$

которое может быть представлено в виде

$$d^2y/dt^2 + \omega^2 y = 0,$$

где $\omega^2 = K/m$ – квадрат угловой частоты колебаний. Решением для этого уравнения будет тригонометрическая функция следующего вида:

$$y = A \cos \omega t + B \sin \omega t.$$

Значения констант A и B ищется из начальных условий для функции y и ее первой производной:

$$dy/dt = -\omega A \sin \omega t + \omega B \cos \omega t.$$

Если в качестве примера рассмотреть простой маятник, то начальными условиями для него могут выступать три равенства:

$$t = 0, y = a, dy/dt = 0.$$

Эти условия приводят к двум тригонометрическим выражениям, графики которых представлены на рис. 18:

$$y = a \cos \omega t \text{ и } dy/dt = -\omega a \sin \omega t.$$

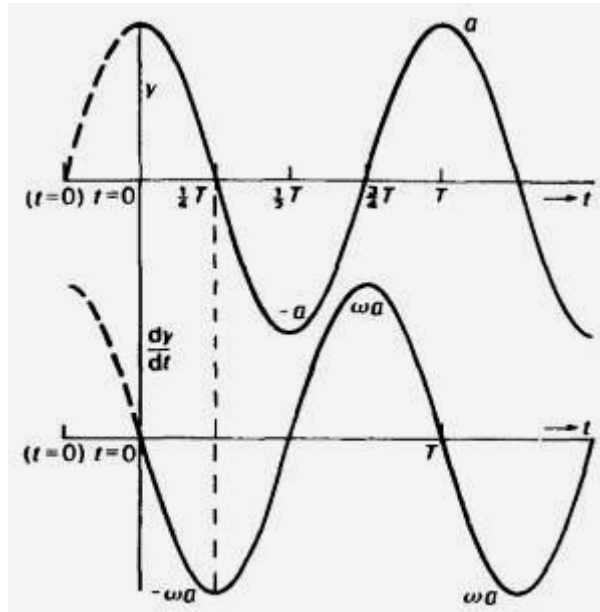


Рис. 18. Гармонические колебания при начальных условиях:
 $t = 0, y = a, dy/dt = 0$

Начальные условия можно изменить:

$$t = 0, y = 0, dy/dt = V,$$

что соответствует случаю движения маятника из положения равновесия со скоростью V . Тогда $A = 0, \omega B = V$, следовательно,

$$y = (V/\omega) \sin \omega t \text{ и } dy/dt = V \cos \omega t.$$

В общем случае решение можно свести к выражениям:

$$y = A' \cos(\omega t - \varphi); A' = (A^2 + B^2)^{1/2}, \varphi = \arctg(B/A).$$

Этим выражениям отвечают графики, показанные на рис. 19.

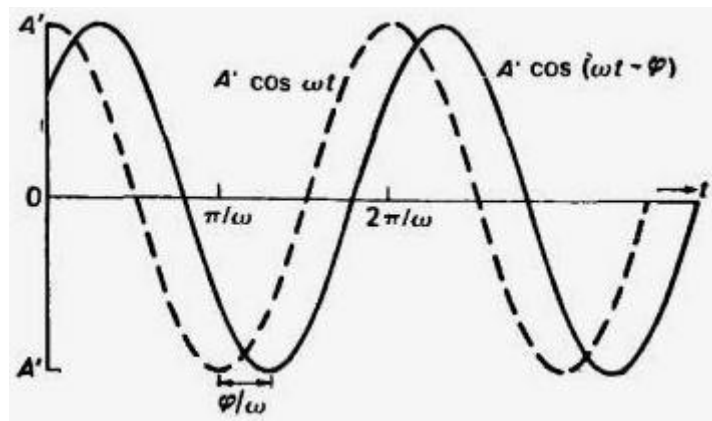


Рис. 19. Гармоническое колебание $y = A' \cos(\omega t - \varphi)$

Для всякого гармонического колебания энергия остается неизменной. В частности, для маятника массой m , подвешенного на нити длиной l , колеблющегося с частотой $\omega^2 = g/l$, сумма кинетической и потенциальной энергии есть константа:

$$E = mv^2/2 + mgz = a^2 mg/2l = \text{const.}$$

Если в системе действует *демпфирующая* сила, пропорциональная скорости, то уравнение движения частицы добавится третий член, определяющий характер *затухания*:

$$md^2y/dt^2 = -Ky - Cdy/dt,$$

или

$$d^2y/dt^2 + 2\beta y/dt + \omega^2 y = 0$$

где C – константа, $2\beta = C/m$, $\omega^2 = K/m$

Здесь возможны три случая.

Случай А. Если $\beta < \omega$, то решение уравнения движения с затуханием имеет вид:

$$y = a \sin \omega_1 t$$

где

$\omega_1^2 = \omega^2 - \beta^2$ – собственная частота затухающего колебания;

$a = (V/\omega_1) \exp(-\beta t)$ – затухающая амплитуда.

Множитель $\exp(-\beta T_1)$ называется *коэффициентом затухания*.

Случай Б. Если $\beta > \omega$, то решение имеет вид:

$$y = a [\exp(\omega t) - \exp(-\omega t)],$$

где $n^2 = \beta^2 - \omega^2$; $a = (V/2n) \exp(-\beta t)$.

Такие колебания называются *сверхкритическим затуханием*.

Случай В. Если $\beta = \omega$, то решение имеет вид:

$$y = Vt \exp(-\beta t).$$

Такие колебания называются *критическим затуханием*.

Всем трем случаям соответствуют графики (рис. 20).

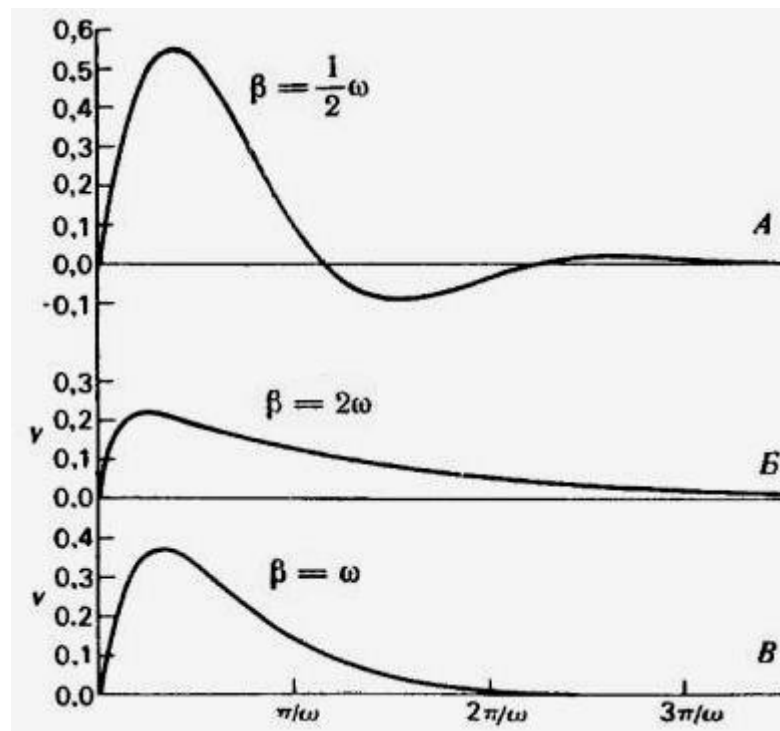


Рис. 20. Графики зависимости $y(t)$ для трех значений β (случаи А, Б и В).

Независимо от характера затухания вводят *константу затухания*: τ – это то время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в $e = 2,718$ раз. Отношение периода колебаний (T) к постоянной затухания (τ) называется *декрементом* – $D = T / \tau$.

Характер затухания раскрывается через временную переменную t ; на практике же пользуются коэффициентом затухания, показывающим экспоненциальный закон ослабления давления в зависимости от глубины проникновения x ультразвукового излучения:

$$P = P_0 \exp(-\alpha x),$$

где P_0 и P – максимальное исходное и текущее давление в среде, α – коэффициент затухания, зависящий от глубины проникновения.

Затухание (как и всякий перепад давления) измеряется в децибелах, отнесенных к единице расстояния. При этом указывается частота сигнала, например: 5 дБ/см на частоте 3 МГц. С увеличением частоты сигнала затухание, естественно, нарастает, причем в костных тканях это происходит быстрее, чем в мягких, например, в мышцах, легких или печени. Однако в легких за счет пористости ткани затухание будет максимальным (рис. 21а взят из [2] и рис. 21б взят из [3, с. 24]).

По данным источника [2] при $f = 1$ МГц величина коэффициента затухания в единицах 1/см для крови составляет 0,023, жира – 0,044–0,09, кожи – 0,14–0,66, хрящей – 0,58, костей черепа – 1,5–2,2 и легких – 3,5–5.

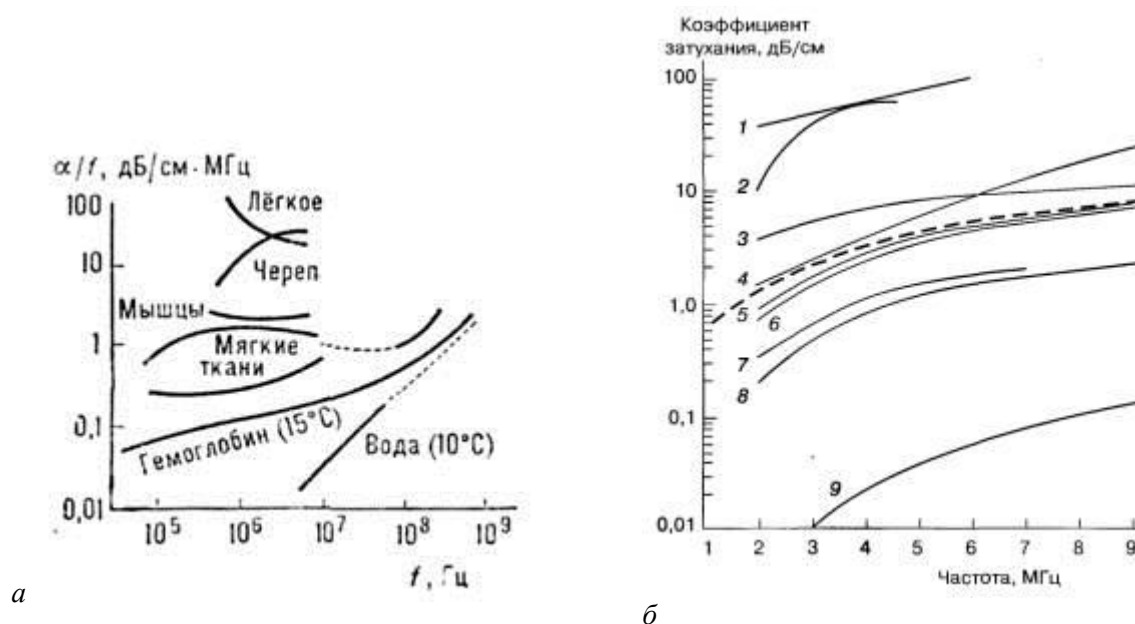


Рис. 21. Графики изменения коэффициентов затухания (α) в зависимости от изменения частоты сигнала (f): взято а) из [2] и б) из [3], где 1 – легкие, 2 – кости черепа, 3 – кожа, 4 – мышцы, 5 – мозг взрослого, 6 – мозг ребенка, 7 – печень, 8 – кровь, 9 – вода. Пунктирной кривой показаны средние значения затухания для мягких тканей.

Из-за разности в групповой скорости звука, исходные импульсы не только ослабляются, но и заметно искажаются в виду дрейфа средней частоты в область уменьшения. Эту закономерность можно проследить на графиках смещения влево спектров отражения в зависимости от роста глубины проникновения импульсов (рис. 22, взят из [3, с. 25]).

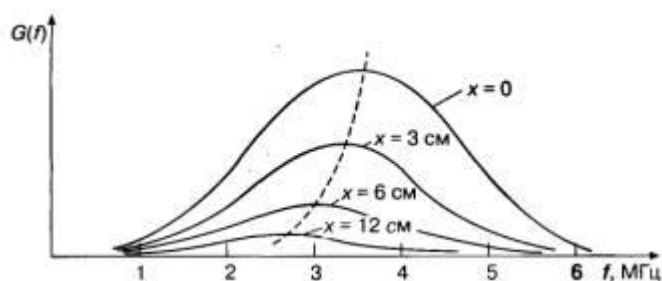


Рис. 22. С увеличением глубины x проникновения исходных импульсов происходит ослабление и смещение их спектров $G(f)$ влево. Пунктирной линией обозначена траектория смещения средней частоты импульсов в область уменьшения.

Из рис. 22 «видно, что если на самых малых глубинах спектр изменяется незначительно, то с увеличением глубины кривая, описывающая форму спектра, заметно сдвигается влево. Если центральная частота излучаемого сигнала была равна 3,5 МГц, то на глубине 6 см она равна 3,1 МГц, а на глубине 12 см она близка к 2,8 МГц. Смещение спектра эхо-сигнала в сторону низких частот с увеличением глубины должно учитываться при создании диагностического прибора. Поэтому во всех современных УЗ приборах используется *автоматическая подстройка частоты* (АПЧ) приемника эхо-сигналов в зависимости от глубины или, что то же самое, от времени прихода эхо-сигналов» [3, с. 26].

Этих первоначальных сведений из области акустики вполне достаточно, чтобы разобраться в работе устройств, функционирующих в ультразвуковом диапазоне.

1. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. *Механика кровообращения*. – М.: Мир, 1981.
2. *Физическая энциклопедия*. <http://www.femto.com.ua>
3. Осипов Л.В. *Ультразвуковые диагностические приборы*: Практическое руководство для пользователей. – М.: Видар, 1999.

Олег Акимов.

О формуле, описывающей классический эффект Доплера

<http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/Doppler.htm>

Напомним, что называется эффектом Доплера. Если источник звуковых или световых волн покоится относительно однородной среды, где распространяются колебания, то *длина волны* λ (λ – расстояние между двумя одинаковыми фазами колебаний) по всем направлениям будет одной и той же. Но стоит источнику колебаний сообщить движение в каком-то заданном направлении, как тут же длина волны будет меняться в зависимости от величины скорости источника и направления приёма волн. Изменение длины волны произойдет и в том случае, если источник покоится, а приёмник перемещается. Поскольку длина волны (λ), период (T) и частота колебаний (f) взаимосвязаны ($\lambda = c/f = cT$), то можно говорить об изменении T и f . Для анализа проблемы нам достаточно рассмотреть движущимся только источник и оперировать λ , а затем полученные результаты распространить на приёмник, T и f .

Со школьной скамьи нам знакома нехитрая формула, которой пользуются и профессиональные ученые:

$$\lambda' = \lambda(1 - \beta \cos \varphi) \quad (1)$$

Формула (1) описывает принятую длину волны (λ'), если известна собственная длина волны (λ) движущегося с относительной скоростью ($\beta = v/c$) источника колебаний и угол между векторами v и c (φ). Полный вывод формулы (1) приводится в *Приложении* к данной статье, из которого следует, что она является приближенным математическим выражением. Ее вывод основывается на предположении, что расстояние между источником и приемником велико по сравнению с длиной волны.

Давайте зададимся вопросом: *как будет выглядеть математическое выражение, когда источник и приемник находятся вблизи друг друга?* В справочниках и учебниках по физике ничего не говорится о случаях, когда на промежутке между источником колебания и приемником укладывается всего одна, две или три длины волны. Мы не знаем, можно ли пользоваться формулой (1), если между источником и приемником укладывается 100 длин волн, а может быть она дает недопустимую погрешность уже для 1000 длин волн? Другими словами, при изложении темы «Эффект Доплера» не указывается, во-первых, количественный критерий действия формулы (1) и, во-вторых, математическое выражение, которым необходимо воспользоваться, когда формула (1) не действует или дает слишком большую погрешность.

Вторая проблема, которая здесь возникает, формулируется следующим образом. Почему выражение (1) никак не реагирует на появление *ударной волны*, т.е. когда скорость источника становится больше скорости распространения колебаний ($\beta > 1$)? Еще в XIX столетии Эрнст Мах, изучая движение пули, движущейся в воздухе быстрее звука, установил, что угол при вершине конуса ударной волны определяется относительной скоростью β :

$$\sin \theta = 1/\beta = c/v \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) никак не связаны, хотя с точки зрения непрерывности физического процесса (монотонного увеличения скорости движения источника: $v \rightarrow \infty$) выражение (2) является прямым следствием процесса, описываемого выражением (1).

Указанные проблемы можно легко разрешить, если вспомнить, что формула, описывающая эффект Доплера, представляет собой математическое выражение *векторного сложения двух скоростей* – v и c . Ниже дается простой вывод *точной и универсальной* формулы, справедливой для всех значений скорости движения источника ($0 < v < \infty$).

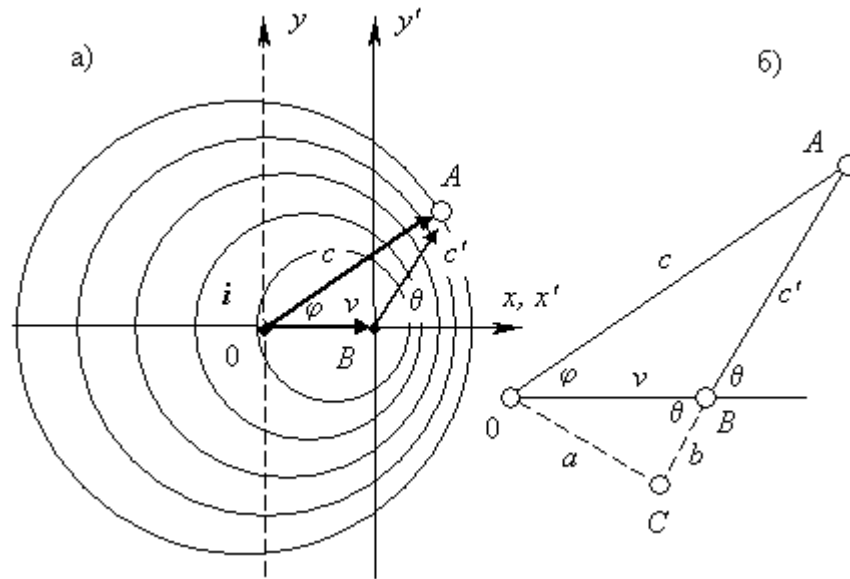


Рис. 1. Чертеж (а) представляет собой застывшее изображение процесса распространения волн при движущемся источнике колебаний (i). Пока волновой фронт, испущенный из точки O , дойдет до точки A , источник колебаний i окажется в точке B . Чтобы найти выражения для векторной суммы векторов v и c , на чертеже (б) показан вспомогательный прямоугольный треугольник.

На рис. 1а вычерчен застывший в произвольный момент динамический процесс распространения волн. На одной из окружностей – неважно какой, поскольку все треугольники OAB будут подобными, – выбрана точка A . Стороны треугольника OA и OB соответствуют скоростям v и c ; нужно по двум сторонам треугольника OAB найти третью – AB . Для решения этой задачи треугольник OAB достраиваем до прямоугольного OAC , как показано на рис. 1б. Из последнего чертежа находим отрезки $a = v \sin \theta$ и $b = v \cos \theta$. По теореме Пифагора составляем равенство:

$$c' + b = \sqrt{c^2 - a^2}.$$

Если в последнее выражение подставить значения a и b , получим искомую скорость c' :

$$c' = \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta} - v \cos \theta. \quad (3)$$

Умножая обе части равенства (3) на период колебаний T , получаем изменившуюся за счет эффекта Доплера длину волны λ' , которую удобно выразить через параметр β :

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right). \quad (4)$$

Формула (4) есть истинное, абсолютно точное выражение, описывающее эффект Доплера для любых значений параметра β . То, что формула (4) является именно выражением для суммы двух векторов v и c , можно легко убедиться, если ее представить через угол φ между v и c . Для этого нужно к треугольнику OAB применить теорему косинусов:

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - 2\beta \cos \varphi + \beta^2}. \quad (5)$$

С точки зрения математики выражения (4) и (5) отражают один и тот же математический факт, однако с точки зрения физики было бы ошибкой считать φ углом наблюдения; им является угол θ . Это прекрасно видно в случае, когда возникает ударная волна. На рис.2 видно, что конус ударной волны перемещается вместе с источником колебаний. Значит, для получения формулы Маха (2) и тесно связанной с ней формулой (4) нужно перейти из неподвижной системы координат (x, y) в штрихованную систему координат (x', y') , начало которой совмещено с движущимся источником волн.

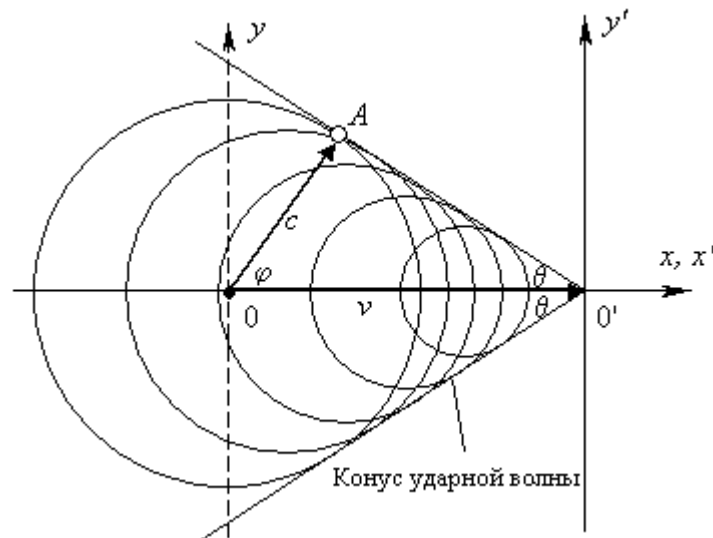


Рис. 2. Чертеж, позволяющий получить формулу (2) для определения угла θ при вершине конуса ударной волны

Если вместо теоремы косинусов воспользоваться *теоремой синусов*, которая дает равенство: $\sin(\theta - \varphi) = \beta \sin \theta$, а затем эти синусы выразить через косинусы (подробности [здесь](#)), то можно получить еще одно математическое выражение, в котором будут фигурировать уже как угол наблюдения (θ), так и угол между скоростями v и c (φ):

$$\lambda' = \lambda [\cos(\theta - \varphi) - \beta \cos \theta] \quad (6)$$

Из выражения (6) следует: чем меньше разность между углами: $(\theta - \varphi) \rightarrow 0$, тем с большим правом мы можем пользоваться традиционной формулой (1).

Для получения формулы (4) никакого наблюдателя или приемника не требуется. Система концентрических колец со смещенными центрами образуется и без них. Главное, что здесь нужно, это выразить произвольно взятую окружность корректным образом. Старая формула (1), как мы увидим ниже, является уравнением кардиоиды в полярной системе координат, а полученное нами выражение (4) является уравнением окружности. Для этого уравнения угол θ является свободным параметром или аргументом, а воспринимаемая приемником длина волны λ' или сторона АВ, изображенного на рис. 1а треугольника, является радиус-вектором или функцией для указанного аргумента.

В самом деле, из рис. 1а можно записать:

$$OA = \lambda, OB = \beta \lambda \text{ и } AB = \lambda'.$$

В декартовой системе координат (x', y') с началом в центре В, уравнение окружности выглядит следующим образом:

$$(x' + \beta \lambda)^2 + (y')^2 = \lambda'^2.$$

Произведем переход от декартовых координат к полярным по формулам:

$$(\lambda')^2 = (x')^2 + (y')^2, x' = \lambda' \cos \theta, y' = \lambda' \sin \theta.$$

Тогда наше уравнение окружности будет иметь вид:

$$(\lambda')^2 + 2\beta \lambda \lambda' \cos \theta - \lambda^2(1 - \beta^2) = 0.$$

Перед нами обыкновенное квадратное уравнение, решая которое относительно неизвестной λ' , мы получаем формулу (4).

Окружность получается и в том случае, если для функции λ' выражения (4) построить графики зависимости от аргумента θ , меняющийся в пределах от 0 до 2π . Графики этой зависимости (рис. 3) для $\beta = 3/4$ (а) и $\beta = 1$ (б) лишний раз подтверждает, что мы имеем дело действительно с окружностями, которые можно видеть, например, на поверхности озера, когда по ней бежит водомер. Однако традиционное выражение (1), приводимое во всех сегодняшних справочниках и учебниках, окружности не дает. При тех же значениях β волновой фронт как функция λ' от аргумента θ порождает кривые (в, г), которые в математике называются *кардиоидами*.

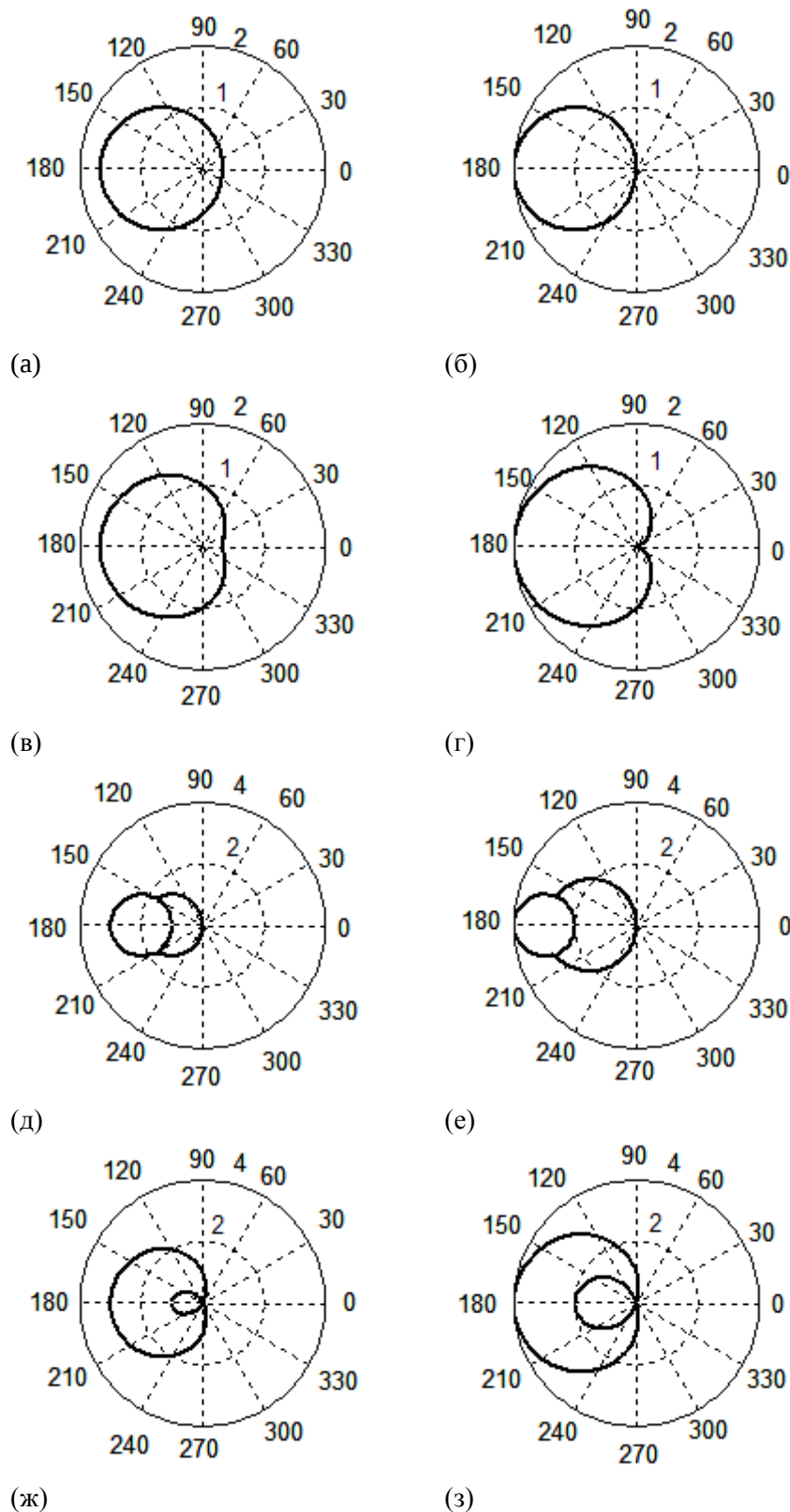


Рис. 3. Форма волнового фронта при Доплер-эффекте, рассчитанная по формуле (4) при $\beta = 3/4$ (а), $\beta = 1$ (б); по формуле (1) при $\beta = 3/4$ (в), $\beta = 1$ (г). Для случая появления ударной волны: по формуле (4) при $\beta = 2$ (д), $\beta = 3$ (е); по формуле (1) при $\beta = 2$ (ж), $\beta = 3$ (з).

Самое важное, что точная формула (4) прекрасно работает и в случае ударной волны. Волновой фронт сохраняет форму окружности при любом значении β , в частности, при $\beta = 2$ (д) и $\beta = 3$ (е). Обратите внимание, радиусы обеих окружностей одинаковые и равны единице, только в случае (д) центр окружности отнесен на расстояние, равное двум, а для случая (е) – трем, что

вполне логично. Таким образом, формула (4) в точности следует тому, что повсеместно наблюдается в природе: с увеличением скорости движения источника слева направо круги, естественно, всё дальше и дальше смещаются влево от источника. Формула Маха (2) также естественно вытекает из формулы (4). Если подкоренное выражение окажется отрицательным, то корни из него будут мнимыми. Мнимые величины не имеют физического смысла, поэтому на подкоренное выражение накладывается условие:

$$1 - \beta^2 \sin^2 \theta \geq 0, \sin \theta \leq |\pm 1/\beta| \text{ или } \theta \leq \arcsin |\pm 1/\beta|.$$

На графиках (д) и (е) показаны неполные окружности, которые не имеют определенного физического смысла. Тем не менее, эти мнимые волны были оставлены на чертеже, поскольку их концы точно указывают точки соприкосновения реальных волн с конусом ударной волны. На двух последних графиках изображены кривые, вычерченные в соответствии с традиционной формулой (1) при тех же значениях $\beta = 2$ (ж) и $\beta = 3$ (з). Как видим, ничего близкого с действительностью эти графики не имеют.

Обсуждаемая в данной работе проблема изложена в учебнике [1].

Приложение. Вывод традиционной формулы, описывающей классический эффект Доплера

Здесь мы покажем, что традиционная формула, описывающая эффект Доплера, не просто не точна, а, по сути дела, ошибочна. С этой целью вычертим рис. 4.

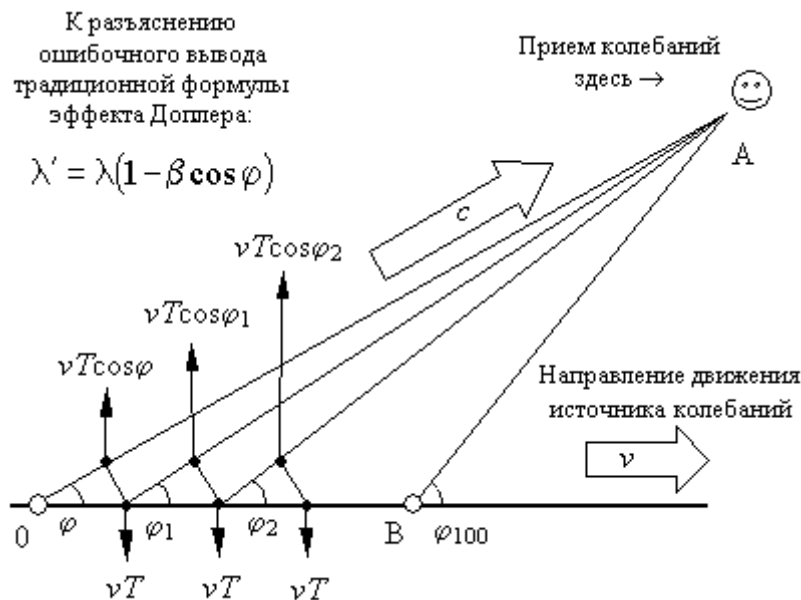


Рис. 4. Чертеж, разъясняющий ошибочность вывода традиционной формулы Доплера для движущегося источника колебаний.

Итак, волна, испущенная из точки 0, пришла в точку A через время $0A/c$. Следующая волна, народившаяся через период T после первой, испускается в точке, расположенной на расстоянии vT правее точки 0. Далее используется приближенное равенство углов $\varphi = \angle 0AB$ и φ_1 , который возник при небольшом сдвиге источника колебаний. Вместо нового угла φ_1 используется старый угол φ . За новое расстояние между источником и приёмником принимается величина, равная $0A - vT \cos \varphi$. Тогда новая волна придет в точку приёма A в момент времени T' :

$$T' = (0A - vT \cos \varphi)/c = T(1 - \beta \cos \varphi).$$

После умножения обеих частей этого равенства на c , приходим к традиционной формуле (1), у которой угол φ является углом наблюдения.

Ошибка в этих рассуждениях вполне очевидна. Да, действительно, время прохода первой волны (T) от времени прохода второй волны (T') отличается ненамного и приближённое равенство $\varphi = \varphi_1$ здесь брать допустимо. И всегда между соседними углами разница небольшая, поэтому будет справедлива бесконечная цепочка равенств: $\varphi = \varphi_1, \varphi_1 = \varphi_2, \varphi_2 = \varphi_3$ и т.д. Однако за большой промежуток времени ошибка набежит значительная и уже, например, равенство $\varphi = \varphi_{100}$ будет слишком грубым.

Другими словами, формула (1) верна для длин волн, испущенных источником, который переместился на крохотное расстояние. Если же он сдвигается на большие расстояния, в частности, на расстояние $0B$, то формулу (1) уже нельзя использовать, как и нельзя считать в ней параметр φ углом наблюдения. Формула (4) дает модуль векторного сложения двух скоростей v и c , а в формуле (1) фигурирует только *проекция* вектора v на вектор c , которая была введена на самом начальном этапе вывода, когда записывалось выражение $0A = vT \cos \varphi$, или иначе, $c - v \cos \varphi$. Естественно, что никаких окружностей формула (1) дать не может.

Таким образом, обобщенные формулы Доплера:

$$\lambda' = \lambda \frac{1 - \beta_2 \cos \theta_2}{1 - \beta_1 \cos \theta_1}, \quad f' = f \frac{1 - \beta_1 \cos \theta_1}{1 - \beta_2 \cos \theta_2}.$$

имеют дело не суммой двух векторов, а с их *проекциями*. Автор этих формул (он историком науки не известен), очевидно, посчитал, если к относительным скоростям β_1 и β_2 приписать по соответствующему косинусу $\cos \theta_1$ и $\cos \theta_2$, то тем самым будет учтена всевозможная направленность векторов v_1 и v_2 . Он думал, наверное, что на изменение длины волны λ' и частоты колебаний f' может оказывать влияние лишь *проекции скоростей* v_1 и v_2 на вектор c , т.е. величины $v_{\text{пр}1}$ и $v_{\text{пр}2}$ (рис. 5), а не сами векторные разности: $c - v_1$ и $c - v_2$.

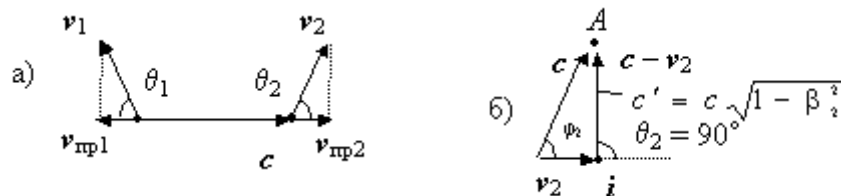


Рис. 5. Традиционно эффект Доплера объясняется за счет сложения вектора скорости распространения волны (c) с проекциями скоростей источника $v_{\text{пр}1}$ и приемника $v_{\text{пр}2}$ (а). Реально же необходимо производить действия не с проекциями скоростей, а с самими векторами v_1 и v_2 . В частности, при движении только источника i изменение длины волны в направлении наблюдателя A произойдет пропорционально разности скоростей $c - v_2$; формула же $c - v_{\text{пр}2}$ была бы здесь ошибочной.

Трудно сказать, о чём думал автор традиционных формул, только пользоваться выражениями, которые вместо окружностей дают кардиоиды, далее невозможно. Реконструкция его рассуждений, отображаемая рис. 4 и рис. 5, возможно, была иной. Купряев Н.В. предложил [2] другой вариант вывода формулы (1).

Пусть источник колебаний (i) движется со скоростью V вдоль оси x . Приемник колебаний находится в точке p , как показано на рис. 6. На расстоянии Op между источником и приемником укладывается N длин волн (λ). Тогда за один период (T) источник i переместится на расстояние VT .

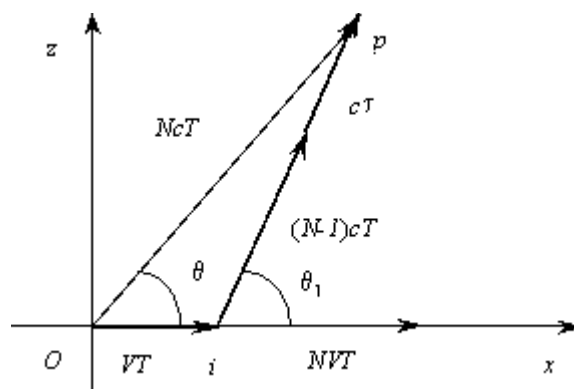


Рис. 6. К выводу приближенной формулы (1) по Н.В. Купряеву.

Непосредственно из чертежа (рис. 6) Купряев Н.В. составляет выражение:

$$(NcT \cos \theta - VT)^2 + (NcT \sin \theta)^2 = ((N-1)cT + c\tau)^2,$$

Решая его относительно τ , он получает:

$$\tau = T \left(N-1 - \sqrt{(N-1)^2 - 2N \left(1 - \frac{V}{c} \cos \theta \right) + 1 - \frac{V^2}{c^2}} \right).$$

Для нахождения частоты колебаний ν нужно найти предел от обратной величины τ :

$$\nu = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\nu_i}{N-1 - \sqrt{(N-1)^2 - 2N \left(1 - \frac{V}{c} \cos \theta \right) + 1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

В результате Купряев Н.В. получает традиционную формулу для эффекта Доплера приближенного характера:

$$\nu = \frac{\nu_i}{1 - \frac{V}{c} \cos \theta},$$

где ν – наблюдаемая частота, ν_i – собственная частота излучения источника. Точная же формула для наблюдаемой частоты ν , которая получается из формулы суммы двух векторов ν и c , выглядит иначе:

$$\nu = \frac{\nu_i}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2} \sin^2 \theta} - \frac{V}{c} \cos \theta}.$$

Как видим, Н.В. Купряев привел более общее, но вместе с тем и более сложное доказательство традиционной формулы Доплера. Он предполагает, что на отрезке пути от источника до приемника (на рис. 4 это расстояние OA , на рис. 6 – OP) укладывается не одна волна, а множество – N . Причем традиционное выражение у него получится только при условии, если $N \rightarrow \infty$. Чтобы лучше почувствовать разницу между последним выражением и предпоследним, обратимся к числам.

Пусть $\beta = \cos \theta = 0,5$ и собственная частота излучения равна $\nu_i = 100$. Тогда по традиционной формуле наблюдаемая частота равна $\nu = 133,33$. Теперь воспользуемся формулой, выведенной Н.В. Купряевым. Пусть на отрезке от источника до приемника укладывается тысяча длин волн, т.е. $N = 1000$. При этом значении N наблюдаемая частота равна $\nu = 133,22$, что не намного отличается от результата, полученного по традиционной формуле. Если $N = 100$, разрыв слегка увеличивается: $\nu = 132,16$. Но при $N = 3$, имеем уже $\nu = 66,67$, а при $N = 2$ и $N = 1$ воспринимаемую частоту вообще невозможно определить, так как подкоренное выражение становится отрицательным, т.е. формула Н.В. Купряева перестает работать.

Если же вычисления вести по единственно правильной формуле, не зависящей от числа N , то получим $\nu = 153,56$. И это не самое большое расхождение между результатами, которые дают две кривые – окружность и кардиоиды. Сравните рис. 3б и рис. 3г ($\beta = 1, \cos \theta = 0$). На них видно, что когда кардиоиды дает $\nu = 100$, окружность даст $\nu = \infty$ ($\lambda = 0$), что соответствует прохождению источником волн звукового барьера.

В связи с вышеизложенным, возникает вопрос: почему точная формула (4) не была выведена с самого начала открытия эффекта Доплера? Ведь, казалось бы, эффект дает о себе знать повсюду, поскольку движущиеся источники и приемники волн встречаются и в воде, и в воздухе, и в космосе. Разве можно себе представить, чтобы столь нужная и вместе с тем ошибочная формула могла существовать более века? Понятно, что возникновение фронта ударной волны есть всего лишь следствие непрерывного возрастания скорости движущегося источника волн, испытывающих доплеровскую трансформацию. Тогда почему физики конца XIX – начала XX вв. не воспользовались формулой (4) и не увязали ее с формулой Маха (2)?

Дело в том, что формулой (1) в практических расчетах никто особенно и не пользуется. Из-за реальной неоднородности воды и воздуха, их непрерывной динамики инженеры пользуются специальными таблицами, составленными на основе эмпирических данных. Взгляните на рис. 7, где показаны слои земной атмосферы. С увеличением высоты над поверхностью Земли температура колеблется довольно в широком диапазоне, а это значит, что плотность воздуха тоже будет заметно колебаться. И это помимо того, что имеется естественный градиент давления, вызванный силой притяжения Земли: на каждые 20 километров высоты давление снижается примерно в 10 раз. Скорость распространения звука зависит от плотности и скорости перемещения воздуха, но из-за непредсказуемости погоды априорный теоретический расчет практически невозможен. На практике пользуются аппроксимированными выражениями линейного характера. Когда же нужна точность, прибегают к градуировке шкалы по эталону скорости, минуя какие-либо математические выражения.

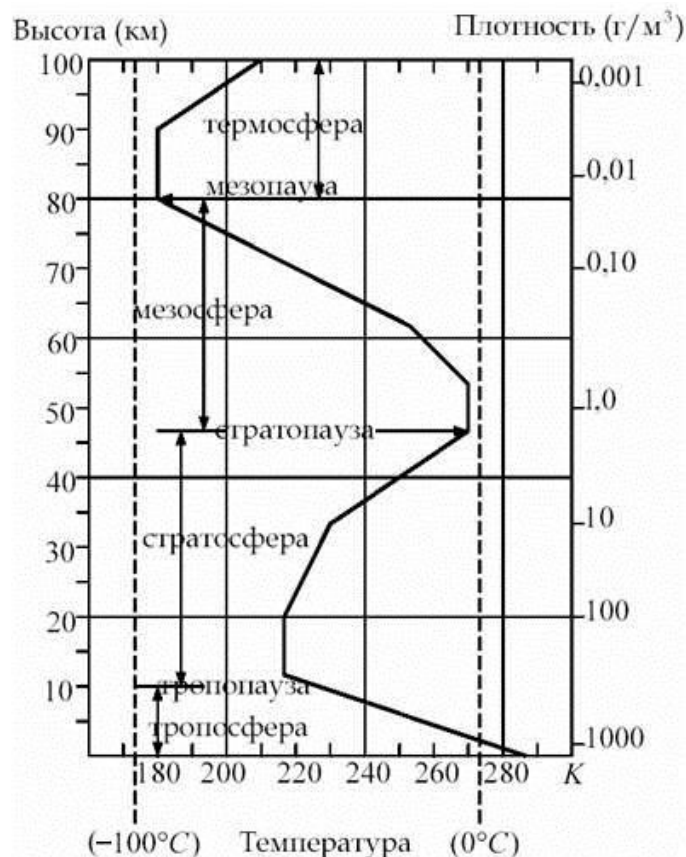


Рис. 7. Изменение плотности и температуры воздуха в зависимости от высоты над поверхностью Земли. Неравномерность нагревания атмосферы способствует общей циркуляции воздуха, которая влияет на погоду и климат Земли.

С количественной точки зрения картина выглядит следующим образом. Принятая скорость распространения акустических колебаний в воздухе при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и давлении $P = 1$ атм. равна $v = 331,5$ м/с. При повышении температуры воздуха на 10°C скорость звука увеличивается примерно на 6 м/с, так что при комнатной температуре ($t = 20^\circ\text{C}$) скорость звука окажется равной 343 – 344 м/с. Напомним, скорость звука определяется формулой $v = (\mu/\rho)^{1/2}$, где μ – модуль упругости и ρ – плотность воздуха. Порывистый ветер с $\Delta v = 3 - 5$ м/с способен заметно исказить круговой волновой фронт не только за счет скорости перемещения среды, но и за счет локального изменения в ней давления в 2 – 4 раза. Однако максимальные искажения дин волн или частоты колебаний происходят за счет перепада давления в прилегающей области к движущемуся излучателю: давление повышается по ходу его движения и понижается в противоположном направлении. Таким образом, сколько-нибудь точное измерение скорости движущихся в воздухе объектов (автомобилей и самолетов) на основе звукового Доплер-эффекта проблематично. Поэтому, например, милицейские радары (Искра-1, ПКС-4, ЛИСД-2, Барьер-2М, Сокол, Беркут и т.д.) не работают в звуковом диапазоне, а используют электромагнитные излучатели в X- и К-диапазоне (10 – 100 ГГц).

Ситуация с водной стихией выглядит еще более удручающе, так как скорость распространения акустических волн в морской воде составляет почти полторы тысячи метров в секунду ($v = 1490$ м/с при $t = 20^\circ\text{C}$). Следовательно, для точной количественной оценки Доплер-эффекта излучатель должен перемещаться с гораздо большей скоростью, чем в воздухе, что сделать крайне затруднительно. О сложности вычислений в случае неоднородной и постоянно движущейся среды, каковой является атмосфера земли и мировой океан, рассказывается, например, в книге Д.И. Блохинцева [3]. Автор рассматривает проблему преимущественно с теоретической точки зрения, причем подходит к ней со стороны слишком абстрактной и формализованной. Полученные им громоздкие выражения трудно поддаются физической интерпретации. Поскольку Блохинцеву не известна точная формула Доплера, то все его теоретические рассуждения, с позиции рассматриваемого здесь вопроса, не имеют большой ценности. Книга значительно выиграла бы, если бы автор больше привел эмпирического материала. Тем не менее, Блохинцеву удалось обрисовать те трудности, которые поджидают исследователя, посвятившего себя данной тематике.

Таким образом, экспериментальная проверка точной формулы (4), описывающей эффект Доплера, на основе *акустических* колебаний, распространяющихся в воздушной и водной среде так же сложна, как и на основе электромагнитных (световых) волн. Но природа подарила нам уникальный случай, когда эффект Доплера становится отлично видимым, что называется, невооруженным глазом. Это – распространение волн на поверхности воды от перемещающегося по водной глади поплавка, равномерно погружающегося в воду и вынырывающего из нее. В этом случае мы наблюдаем динамическую картину (рис. 8), которая в точности повторяет «застывший» процесс, запечатленный на рис. 1.



Рис. 8а.¹ Источник возбуждения среды движется слева направо со скоростью меньше скорости распространения возбуждения ($v < c$).



Рис. 8б. Источник возбуждения движется быстрее, чем распространяется возбуждение в среде ($v > c$). При этом возникает так называемый *конус ударной волны*.

Противники точной формулы (4) из-за очевидности и простоты получения картины называют данную *физическую* модель Доплер-эффекта чисто *геометрической* и не хотят присваивать ей *физический* статус. Эти требования нельзя признать законными. Прежде им необходимо доказать, что волновой фронт для реальных колебаний не дает окружности и сферы; для двумерного случая они должны обосновать существование кардиоиды. Разумеется, этого доказать они не в силах, а инерция мышления не позволяет им отказаться от старой формулы (1) в пользу новой (4).

1. Акимов О.Е. Естествознание: Курс лекций. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.

2. Купряев Н.В. Классический эффект Доплера. SciTecLibrary.ru, #8803, 25.12.2007.

3. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. Второе издание. – М.: Наука, 1981.

¹ В.Э.: Здесь в рисунках два .gif файла, движение которых не отображается, пока файлы находятся в книге (DOC или PDF). Это движение можно будет увидеть, если файлы извлечь из книги и смотреть другими программами. Но в принципе там изображены просто движущиеся и возрастающие круги – обычная картина волновых фронтов.

Олег Акимов.

Ошибочность релятивистской формулы Доплера

<http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/Doppler-R.htm>

Свет и звук распространяются однотипно

Скорость распространения звука не зависит от состояния его источника – движется он или покоится. Фронт акустической волны как бы забывает о своем источнике и всецело уверяет себя среде. Аналогично ведет себя фронт оптической волны по отношению к излучателю света. Однако теория относительности внесла сумятицу в умы физиков, когда речь заходит о движении приемника света.

Для звука скорость распространения в среде складывается со скоростью приемника в соответствии с правилом векторного сложения. Например, грохот взрыва водитель автомобиля, движущегося к точке взрыва, услышит раньше, чем милиционер, неподвижно стоящий на перекрестке дорог. Это и понятно: пока акустическая волна распространяется в пространстве, автомобиль преодолеет какое-то расстояние. Следовательно, водитель окажется ближе к источнику звука, чем неподвижный постовой. Здесь мы имеем полное согласие здравой логики с классической физикой. Но со вспышкой света от этого взрыва происходят какие-то чудеса. Движущейся автомобилист и неподвижный милиционер, согласно теории относительности, зафиксируют ее строго одновременно! Разве такое возможно?

Подобно тому, как священнослужители запрещают думать над образом Бога, релятивисты противятся представлять физические процессы, разворачивающиеся в реальном пространстве и времени. Они апеллируют к своим священным формулам и говорят о трансцендентном мире, в котором здравый смысл бессилен. Тем не менее они не отрицают, что свет распространяется в пространстве намного быстрее звука. Естественно также, что ему потребуется какое-то время Δt , чтобы достичь приемника. За это время Δt автомобилист подъедет ближе к точке взрыва. Следовательно, он чуть-чуть раньше увидит вспышку, чем оставшийся позади него милиционер. А это как раз и означает, что скорость движения автомобиля прибавится к скорости распространения светового фронта, что, однако, уже противоречит теории относительности.

Релятивисты оправдывают свою противоестественную кинематику отрицательным результатом эксперимента Майкельсона–Морли, который заставил их отказаться от эфирной среды. Эфир для света играл роль воздуха для звука, в результате все оптические формулы совпадали с акустическими. Мы не станем сейчас разбирать ошибки истолкования этого опыта релятивистами (см. [Эксперимент Майкельсона – Морли](#))². Заметим лишь, что релятивистская логика противоречит самым элементарным фактам, с которыми человек столкнулся сразу же, как только заинтересовался скоростью распространения света (см. [Главный аргумент против теории относительности](#))³. В данном разделе мы детально проанализируем явление, известное под названием «эффект Доплера», и посмотрим, как сосуществуют формулы Доплера для классической и релятивистской физики. Напомним, что традиционные формулы для акустических волн слишком грубы и во многих случаях не пригодны даже для классической физики (см. [О формуле, описывающей классический эффект Доплера](#))⁴. Таким образом, наше внимание будет сосредоточено на релятивистских формулах.

На рис. 1 показан процесс распространения волн (акустических или оптических – не важно), когда (а) источник колебаний движется слева направо со скоростью меньше скорости распространения волн в среде ($v < c$). На рисунке (б) изображен тот же самый процесс распространения, но уже при условии, когда источник волн движется быстрее, чем распространяются волны ($v > c$).

² {OAKL-3 = МОИ № 63, стр.3}

³ {OAKL-3 = МОИ № 63, стр.97}

⁴ В этом томе выше.



Рис. 1а.⁵ Источник возбуждения среды движется слева направо со скоростью меньше скорости распространения возбуждения ($v < c$).



Рис. 1б. Источник возбуждения движется быстрее, чем распространяется возбуждение в среде ($v > c$). При этом возникает так называемый *конус ударной волны*.

Наблюдая за процессом распространения волн возбуждения на обоих анимационных рисунках, можно заметить, что расходящиеся во все стороны круги не меняют своего центра. Источник возбуждает неподвижную точку среды, лежащую на горизонтальной линии движения, а дальше возбуждение распространяется во все стороны самостоятельно, не зависимо как от источника, так и приемника возбуждения. Первая возбужденная точка передает импульс напряжения соседним, те, в свою очередь, передают его следующей группе точек и т.д. Такое положение вещей остается в силе при отражении и преломлении волн на границе двух различных сред. Руководствуясь одним этим геометрическим принципом, вытекающим из обязательного условия существования неподвижной среды – носителя волн, Христиан Гюйгенс в XVII столетии в «Трактате о свете» смог удовлетворительным образом объяснить важнейшие оптические явления, в частности, «удивительное преломление лучей в исландских кристаллах».

На рис. 2 приведены четыре характерных чертежа из упомянутой работы замечательного голландского физика, подробно разъясняющих формирование волновых фронтов от неточечного (а) и точечного (б) источника света, а также показывающих отражение (в) и преломление (г) световых волн. Отсюда проистекает *принцип Гюйгенса*, дающий единственно верное представление о геометрии волновых процессов, который неизменно подтверждается в опытах со звуком и светом. Так, если на пути плоского волнового фронта поставить преграду, в которой имеется маленькое отверстие, соизмеримое с длиной волны, то на другой стороне преграды от этого отверстия будут расходиться сферические волны как от точечного источника.

Таким образом, свет (видимое электромагнитное излучение) вызывается не какими-то специальными частицами материи, а именно колебаниями среды. Интерференционная картина лишь раз подтверждает это. Она показывает, как при совпадении фазы колебаний амплитуда волн складывается, а в противофазе – вычитается. Подобное явление не могло бы происходить с частицами, на что указывал и Максвелл. До него выдающийся английский физик, Роберт Гук, мыслящий пространственными образами, критиковал своего соотечественника, Исаака Ньютона, за корпускулярные воззрения на природу света.

Верно, что атомы испускают и поглощают электромагнитную энергию *квантами*, но ошибочно в связи с этим дискретным явлением вводить понятие *корпускулы* как обособленного кусочка материи – *фотона*. Частица, лишенная массы, – понятие достаточно абсурдное (вроде бестелесной души), которым физик не должен оперировать. Однако допустимо говорить о *квазичастицах*, которые ввел Дж.Дж. Томсон. Квазичастица представляет собой волновой пакет, при прохождении которого через вещество происходит распад на отдельные волновые составляющие, участвующие в явлениях интерференции и дифракции. В модели квазичастицы уже не возникает противоречие между волной и частицей, хотя многие нынешние интерпретаторы такой модели продолжают говорить о некоем парадоксальном чуде природы.

Такая спекулятивная форма подачи материала с элементами сенсационности весьма характерный феномен современной науки. Например, недавно в журнале Nature за 13 августа

⁵ В.Э.: Здесь в рисунках два .gif файла, движение которых не отображается, пока файлы находятся в книге (DOC или PDF). Это движение можно будет увидеть, если файлы извлечь из книги и смотреть другими программами. Но в принципе там изображены просто движущиеся и возрастающие круги – обычная картина волновых фронтов.

2008 года рассказывалось об опыте с так называемыми *спутанными фотонами*. Суть его такова. Некий физик Николас Гизин (Nicolas Gisin) из Женевского университета отправил пару спутанных фотонов в противоположные стороны по двум оптическим волокнам на расстояние 9 км на восток и 9 км на запад. На концах волокон он установил детекторы цвета фотонов. При изменении цвета с зеленого на красный одного фотона мгновенно менялся цвет другого. Измерения показали, что для передачи информации о цвете на 18 км в пределах погрешности эксперимента нужна была скорость в 10 тысяч раз больше скорости света.

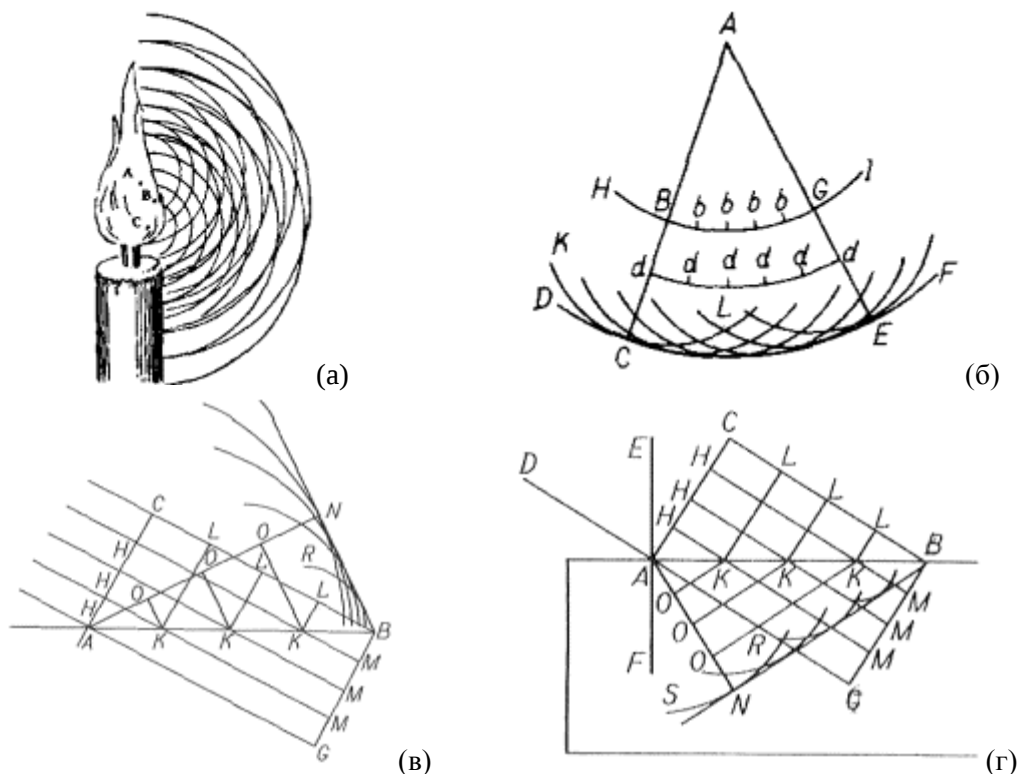


Рис. 2. Чертежи из трактата Гюйгенса, разъясняющие геометрию распространения световых волн.

Очевидно, что в описанном эксперименте мы имеем дело не с двумя спутанными фотонами, а с одним материальным объектом. Нет в природе шариков-фотонов, неких материальных атомов света, которые наподобие горошин летят в полнейшей пустоте или по специально отведенным им оптическим трубопроводам. Но есть электромагнитное возбуждение мировой среды, которое в зависимости от условий может принимать различную конфигурацию и степень локализации. Швейцарский физик имел дело с одним и только одним делокализованным возбуждением, которое ни в коем случае нельзя было представлять как два независимых физических явления. Если цвет меняется синхронно на двух разнесенных детекторах, значит перед нами одно и то же световое явление. Ничего сенсационного здесь нет. Дальше нужно было подумать над пространственно-волновой моделью этого возбуждения, а не публиковать свои сырые и неосмысленные результаты в журнале Nature.

Автор этого журнала хотел удивить своих читателей и, тем самым, ввести их скорее в заблуждение, чем раскрыть им механику явления. Физики-формалисты говорят о «спутанных» фотонах, физики-конструктивисты уверены в их спутанных идеях. Парадоксы в виде существования волны-частицы они находят в природе, между тем, это противоречие прочно сидит у них в мозгу. В описанном эксперименте мы имеем дело не с двумя спутанными фотонами, а с одним материальным объектом. Нет в природе шариков-фотонов, неких материальных атомов света, которые наподобие горошин летят в полнейшей пустоте или по специально отведенным им оптическим трубопроводам. Но есть электромагнитное возбуждение мировой среды, которое в зависимости от условий может принимать различную конфигурацию и степень локализации.

Необычность автор приписал природе физического явления, но не исследователю, ум которого скован противоречием. Между тем всякая парадоксальность в физических понятиях

обычно возникает из ошибочности модели исследуемого явления или полного отсутствия о нем представления. Упоминание в статье о чудесах квантовой теории говорит о тех неизлечимых эпистемологических комплексах, которыми страдают романтики ушедшего столетия. Они всё ещё кому-то доказывают, что их формально-феноменологическая теория верна и на что-то годна. Но фактически, данный эксперимент ясно демонстрирует ее полную беспомощность.

Конус ударной волны и поперечный эффект Доплера

Часто, имея голые понятия и дефиниции, мы думаем, что понимаем природу физического явления. Но это обманчивое впечатление; без четких пространственно-механических моделей физику явления понять невозможно. Ярким подтверждением этого служит нынешнее достаточно уродливое представление об эффекте Доплера. Для звуковых колебаний изменившаяся длина волны в случае движения только источника колебаний описывается формулой:

$$\lambda' = \lambda(1 - \beta \cos \varphi) \quad (1)$$

где λ и λ' – собственная и принятая длина волны, $\beta = v/c$ – скорость движения источника относительно скорости распространения колебаний, φ – угол между векторами v и c . Если $v > c$ или $\beta > 1$, то справедлива формула Маха:

$$\sin \theta = 1/\beta = c/v \quad (2)$$

Изучая движение пули, движущейся в воздухе быстрее звука (рис. 3а), Эрнст Мах установил, что угол θ при вершине конуса ударной волны всецело определяется относительной скоростью β (отсюда параметр β часто называют *числом Маха*). Формулой (2) пользуются конструкторы сверхзвуковых самолетов. На рис. 3б приведена фотография самолета FA-18, летящего быстрее звука. Вблизи летального аппарата виден светлый конус. Дело в том, что сразу же за ударной волной создается зона пониженного давления, в которой происходит мгновенная конденсация паров влаги (этот принцип лежит в основе работы камеры Вилсона, в которой можно видеть треки микрочастиц). Зная скорость звука ($c = 331$ м/с) и угол θ , мы можем по формуле (2) вычислить скорость самолета.

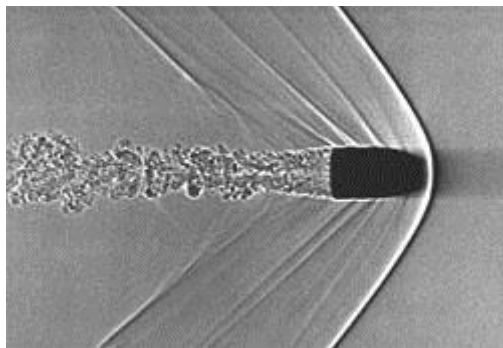


Рис. 3а. Фотография летящей пули, на которой виден фронт ударной волны.



Рис. 3б. Фотография самолета FA-18, на которой тоже виден конус ударной волны.

Непосредственное измерение угла по изображению пули даёт величину порядка $\theta = 60^\circ$, следовательно, её скорость близка к 380 м/с. Судя по форме конуса, изображенного на фотографии, самолет FA-18 летит не намного быстрее звука, порядка 350 м/с. Однако это не совсем так. Дело в том, что реактивные самолеты летают высоко в небе, где скорость звука существенно иная. Следует также иметь в виду, что формулу (2) нельзя получить из формулы (1); она выводится из соображений, продиктованных рис. 4.

В 1934 году 28-летний П.А. Черенков, аспирант академика С.И. Вавилова, при изучении люминесценции зарегистрировал свечение, исходившее от электронов, летящих в прозрачной среде (H_2O , C_6H_6 , C_6H_{12} , CS_2 , CCl_4 и др.) со скоростью, превышающей скорость света в данной среде. Этот факт получил название *эффекта Вавилова – Черенкова*. Примерно через два года ими была получена формула (3):

$$\cos \varphi = 1/n\beta, \quad \varphi = \arccos(1/n\beta) \quad (3)$$

где n – показатель преломления среды. Как рассказал П.А. Черенков [3], наибольшей экспериментальной трудностью оказалось обнаружение направленности излучения: ударная волна распространяется по направлению движения частиц под углом $\pm\varphi$. После получения

фотографий черенковского излучения (рис. 5а) и построения кривых его интенсивности (рис. 5б) написание формулы уже не представляло большой проблемы.

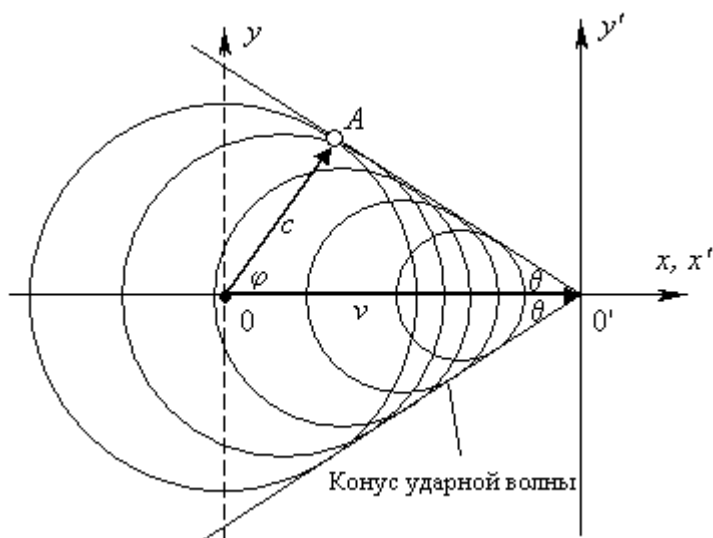
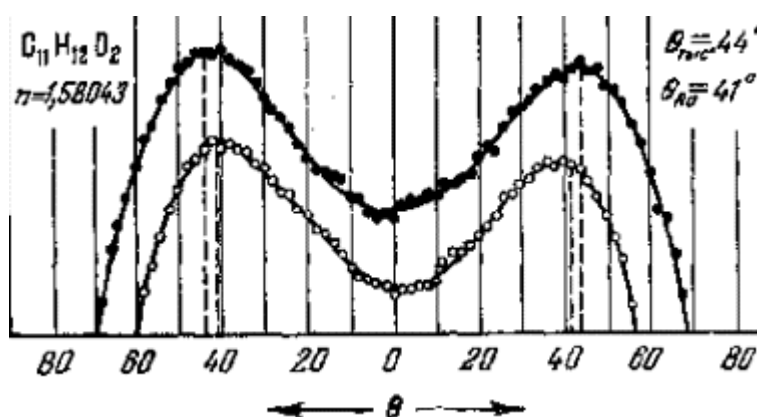


Рис. 4. Чертеж, позволяющий получить формулу (2) для определения угла θ при вершине конуса ударной волны



(а)



(б)

Рис. 5 (а) Фотографии углового распределения интенсивности излучения: обычная люминесценция (снимок слева), свечение этилциннамата ($n = 1,58043$, снимок в центре), свечение воды ($n = 1,3371$, снимок справа). (б) Угловые распределения интенсивности для этилциннамата: верхняя кривая соответствует возбуждению свечения комптоновскими электронами от лучей ThC ($\beta = 0,866$), нижняя – от Ra ($\beta = 0,866$).

Рис. 4 показывает, что выражение (3) является другой тригонометрической формой выражения (2). Таким образом, Черенков и Вавилов, по сути, наткнулись на оптическое явление, которое говорило об идентичной природе электромагнитных и акустических волн. Однако им не пришла в голову мысль об этой параллели.

В 1958 году И.Е. Тамм, П.А. Черенков и И.М. Франк получили Нобелевскую премию за открытие, объяснение и использование эффекта, носящего имя Черенкова (Вавилов умер в 1951

г.). Три десятилетия спустя Франк издал книгу [1], в которой привел все важнейшие статьи, касающиеся данной темы. В первой главе книги «Развитие представлений о природе излучения Вавилова–Черенкова» автор пишет:

«Разумеется, опыты Маха с пулей, летящей со сверхзвуковой скоростью, были известны не только И.Е. Тамму, но и мне. По-видимому, мысль об аналогии с волнами Маха не возникала, то ли ошибочно считалось, что к электродинамике эта аналогия неприменима... В те годы преобладающим был квантовый подход к решению проблем излучения быстрых частиц» [1, с. 29].

Франк признался, что в работе Зоммерфельда 1905 года, о которой вспомнил А.Ф. Иоффе, уже рассматривалась данная проблема.



В 1958 году И.Е. Тамм, П.А. Черенков и И.М. Франк получили Нобелевскую премию за открытие, объяснение и использование эффекта, носящего имя Черенкова.

Как обнаружил С.И. Вавилов, – *продолжил Франк*, – и у Зоммерфельда был предшественник – лорд Кельвин. В 1901 году он указал на то, что атом, летящий в пустоте со сверхсветовой скоростью, должен создавать электромагнитную волну, аналогичную волнам Маха в акустике... Обсуждался и вопрос о том, как могло случиться, что высказывание Кельвина оказалось забытым... После появления теории относительности изменились представления об эфире: стало очевидным, что сверхсветовая скорость в вакууме неосуществима, и естественно, что высказывание Кельвина, так же как и работа Зоммерфельда, в какой-то степени справедливо были забыты.

Однако этого нельзя сказать об ещё более раннем и совершенно поразительном предвидении современной теории. Недавно выяснилось [Тяпкин А.А. // УФН, 1974, т. 112, с. 735], что ещё раньше в 1888 г. Хевисайд чисто умозрительно рассматривал движение точечного заряда в диэлектрике со скоростью, большей скорости волн, и получил известное соотношение, связывающее характерный угол излучения со скоростью света в среде и скоростью частицы. Вот, что писал об этом А.А. Тяпкин в 1974 г.: «Недавно, просматривая работу О. Хевисайда «Об электромагнитных эффектах при движении электризации через диэлектрик», опубликованную в 1889 г., я обнаружил в ней параграф, специально посвященный рассмотрению движения заряда q со скоростью v , превышающей скорость распространения света в диэлектрике u . В нем с самого начала автор делает следующий фундаментальный вывод: «Теперь само собой встает вопрос: какая возникнет ситуация, если $v > u$? Прежде всего ясно, что здесь совсем не может быть возмущения впереди движущегося заряда (точечного для простоты). Затем, учитывая, что сферические волны, излучаемые зарядом при его движении вдоль Z-оси, распространяются со скоростью u , найдем, что геометрическое место точек их фронтов есть коническая поверхность, вершина которой есть сам заряд, ее Z-ось и угол φ дается соотношением $\sin \varphi = u/v$ » [1, с. 13–15].



И.М. Франк

Очевидно, что здесь Хевисайд мысленно представил себе картинку, изображенную на рис. 4, и пришел к единственно верному заключению, к которому опытным путем пришел Мах. Позднее методологическая установка квантовой механики и теории относительности сделала совершенно невозможным для советских физиков – Черенкова, Вавилова, Тамма, Франка, Скобельцына, Гинзбурга и пр. – постановку данного вопроса в плоскости классической физики.

Рассказывая [О формуле, описывающей классический эффект Доплера](#), мы вывели абсолютно точную и универсальную формулу Доплера, справедливую и для случая, когда $v > c$ или $\beta > 1$:

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right) . \quad (4)$$

В формуле (4) участвует только угол наблюдения θ . Но легко получить формулу, в которой фигурировал бы только угол φ между v и c :

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - 2\beta \cos \varphi + \beta^2} . \quad (5)$$

Разница между формулами (4) и (5) точно такая же, как между формулами (2) и (3). С точки зрения физики было бы ошибкой считать φ углом наблюдения, им является именно угол θ . Это прекрасно видно в случае, когда возникает ударная волна. На анимационном рис. 1б видно, как конус ударной волны перемещается вместе с источником колебаний. Значит, для получения формулы Маха (2) и тесно связанной с ней формулы (4) нужно перейти из неподвижной системы координат (x, y) в штрихованную систему координат (x', y') , начало которой совмещено с движущимся источником волн.

Если подкоренное выражение в формуле (4) окажется отрицательным, то корни из него будут мнимыми, что недопустимо. Условие:

$$1 - \beta^2 \sin^2 \theta \geq 0, \sin \theta \leq |\pm 1/\beta| \text{ или } \theta \leq \arcsin |\pm 1/\beta|.$$

является ничем иным, как формулой Маха (2). Так, самым естественным образом, связываются два выражения описывающие, по сути дела, один и тот же колебательный процесс.

В связи с господством в наше время релятивистских предрассудков необходимо особо отметить, что точная формула сложения двух скоростей при угле $\theta = \pm \pi/2$ дает так называемый *поперечный Доплер-эффект*, который якобы имеет место только в теории относительности. Этот тривиальный факт очевидным образом усматривается из рис. 6. Глядя на него, релятивисты возражают, они не видят здесь поперечного эффекта.

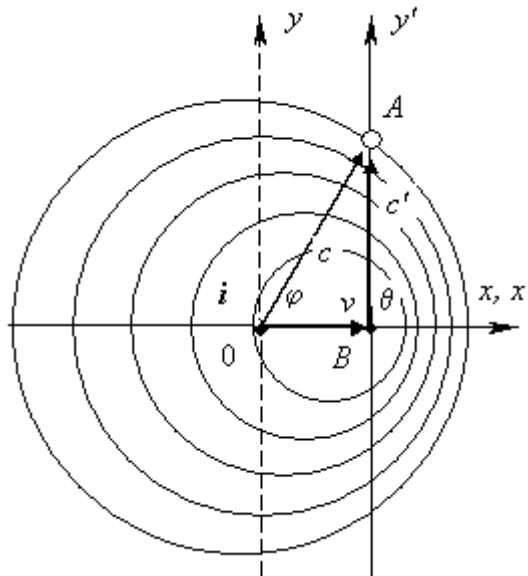


Рис. 6. Чертеж иллюстрирует тривиальный факт: при $\beta < 1$ и $\theta = \pm 90^\circ$ точная формула дает поперечный Доплер-эффект

Есть формула (4), позволяющая правильно рассчитать положение концентрических ($\beta < 1$) или эксцентрических ($\beta > 1$) эквифазовых окружностей (изобар – линий максимального сжатия воздуха или любой другой среды), чего нельзя сделать с помощью формулы (1). Данная формула отвечает правильному пониманию общей картины явления, получившего название *эффект Доплера*. Если какие-то дефиниции, сформулированные для самого простейшего случая, не

применимы к более сложной ситуации, то нужно переопределить эти дефиниции для данного случая, а не ломать правильно выстроенную картину динамики волн.

Будучи мальчишкой, мне приходилось многократно смотреть мотоциклетные гонки по льду. Я обратил внимание, что мотоцикл, мчащийся на большой скорости мимо меня, изменял высоту тона двигателя с высокого на низкий. Старший брат объяснил мне тогда, что это происходит в связи с проявлением эффекта Доплера. В самом деле, прямо передо мной мотоцикл, следовательно, угол θ , под которым я на него смотрю, прямой. Его уже нет в точке О, откуда донеслась до меня первая волна, он находится в точке В – я это вижу – и мое ухо слышит тон, соответствующий *строго регулярно* расположению гребней волн на линии АВ. На линии ОА в момент восприятия звука гребни располагаются так, что об определенной длине волны здесь невозможно ничего сказать. Значит, угол АОВ = φ нельзя назвать *углом наблюдения* или *углом восприятия звуковых волн*. Отсюда вывод: рис. 6 *соответствует моменту проявления поперечного Доплер-эффекта*.

Звуковые волны – это периодическое сжатие и разряжение воздуха. Неважно, с какой стороны волны подходят, т.е. направленность волнового вектора здесь не играет принципиальной роли (на этот вектор постоянно ссылаются мои оппоненты). Давление воздуха в единице объема величина скалярная. Значит, воздействие этого давления на мою барабанную перепонку произойдет в любом случае, откуда бы звук ни шёл – сбоку сзади, спереди – откуда угодно.

Представьте себе поплавок на поверхности воды. Мимо проплывает лодка, от которой расходятся волны. Поплавок начинает совершать поперечные колебания, аналогичные электромагнитным колебаниям. Частоту или период колебаний поплавок мы можем воочию наблюдать и легко замерить, хотя из-за непрерывного движения лодки волны к поплавку подходят с различной стороны и имеют различную форму. Однако мгновенно сделанная фотография, когда между лодкой и поплавком будет наименьшее расстояние, зафиксирует конкретную длину волны, по которой мы можем рассчитать конкретный период и частоту колебаний.

Эта фотография будет в точности отражать картину волн, изображенную на рис. 6. В соответствии с величиной скорости c' на момент, когда угол наблюдения $\theta = \pi/2$, поперечная длина волны будет равна

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Данное выражение часто встречается в теории относительности, хотя из-за *парадокса штриха* релятивистский радикал можно увидеть и в знаменателе. Почему так происходит?

Парадокса штриха

Дело в том, что релятивисты отказываются иметь дело с эфиром или какой-либо иной средой, заменяющей его. Они также рассматривают только относительную скорость v , которая составляется из разности двух скоростей: скорости приемника v_1 и скорости источника v_2 . Однако, чем по сути являются скорости v_1 и v_2 в случае акустических волн или волн на водной глади? Ответ более чем очевиден: скорости v_1 и v_2 являются *абсолютными* скоростями наблюдателя А и источника i , движущихся в покоящейся среде, т.е. скорости v_1 и v_2 измеряются относительно покоящейся среды. Когда среда есть, формулы Доплера имеют определенный смысл, который тут же исчезнет, если среду убрать. Повторяем, этот простой и понятный вывод справедлив как для новой, так и для старой формулы, поэтому ошибку можно было заметить ещё до 1881 года.

Известно, если приемник покоится, а источник движется, то длина волны, согласно принятой сегодня теории, определяется выражением:

$$\lambda_1 = \lambda_0 \left(1 - \frac{v_1}{c} \cos \theta_1 \right) ; \quad (6)$$

если источник покоится, а приемник движется, будем иметь:

$$\lambda_2 = \lambda_0 \frac{1}{1 - \frac{v_2}{c} \cos \theta_2} . \quad (7)$$

Подчеркнем, здесь v_1 и v_2 – скорости источника и приемника относительно среды. Теперь представьте себе, что среда отсутствует, нет отдельно скорости v_1 и отдельно скорости v_2 , но есть некая относительная скорость $v = v_1 - v_2$. У нас тут же возникнут проблема: мы не будем знать, какой из двух формул – (6) или (7) – необходимо воспользоваться. Нетрудно догадаться, что никакого критерия выбора между двумя вариантами у сторонников тотального принципа относительности не существует. Формулы (6) и (7) выводились из физики волновых процессов, протекающих именно в среде, которая и вносит в формулы некий элемент абсолютности. Можно ожидать, что в книгах по релятивистской физике числитель и знаменатель математических выражений, описывающих эффект Доплера будет произвольным образом меняться местами, что и происходит в действительности. В частности, если вы загляните в «Справочник по физике» Б. М. Яворского и А.А. Детлафа, в «Оптику» Д. В. Сивухина, «Общую физику» Ж. Росселя и в «Оптику движущихся тел» У. И. Франкфурта и А. М. Френка, то сами увидите, какую путаницу посеяли релятивисты – враги науки и друзья средневековой схоластики.

Неопределенность, о которой здесь говорится, внес Эйнштейн в своей самой первой работе 1905 года по теории относительности [4], когда решился «выбросить» из теоретической физики эфир за его якобы ненадобностью. Но если читатель хочет мыслить отчетливыми физическими представлениями, он должен помнить, что скорость света (300 000 км/с) была измерена именно относительно покоящегося эфира. Невозможно говорить вообще о некой скорости безотносительно к чему бы то ни было, поскольку Земля, Солнце и все прочие объекты непрерывно движутся. Например, если говорится, что скорость звука в воздухе равна 332 м/с, то эта скорость была измерена относительно покоящегося воздуха.

Пусть кто-нибудь попытается «отменить» воздух. Тогда вместе с ним придется «отменять» и скорость звука, иначе будет непонятно относительно какого объекта была измерена скорость 332 м/с. Поэтому там, где в формулах пишется константа c , там неявно подразумевается покоящийся эфир. И, наоборот, неотъемлемым свойством мировой среды, заполняющей вселенную, является скорость света. Если релятивисты под константой c понимают скорость распространения электромагнитной волны, которая представляет, по их заявлению, «особую форму материи», то все равно они обязаны были точно указать, относительно чего эта скорость измеряется.

В статье «К электродинамике движущихся тел» (1905) [4] Эйнштейн рассмотрел единственный частный случай, когда приемник двигался со скоростью v относительно почему-то «бесконечно удаленного источника света». Он написал формулу для воспринимаемой частоты колебаний ω' следующим образом:

$$\omega' = \omega_0 \frac{1 - \beta \cos \theta}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

отсюда следует выражение для λ' :

$$\lambda' = \lambda_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \theta}, \quad (8)$$

где ω_0 и λ_0 – собственная частота и длина волны источника.

С точки зрения первого постулата об относительном движении источника и приемника, специальная оговорка о движении именно приемника колебаний выглядит нелогично. Тем не менее, эта оговорка оказалась решающей, поскольку $\cos \theta$ оказался в знаменателе выражения (8). Но по теории относительности можно с равным успехом считать, что источник света движется, а наблюдатель покоится. Тогда нужно будет предыдущие формулы поставить с ног на голову:

$$\omega' = \omega_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \theta},$$

отсюда следует выражение для λ' :

$$\lambda' = \lambda_0 \frac{1 - \beta \cos \theta}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (9)$$

В более поздней работе [5] Эйнштейн рассмотрел два частных случая, когда движется только приемник и отдельно когда движется только источник. При этом он написал две формулы для частоты. Логично было бы написать общую формулу, справедливую для одновременного

движения с разными скоростями и приемника, и источника. Но Эйнштейн этого шага не сделал, поэтому формула вида

$$\omega' = \omega \frac{(1 - \beta_1) \sqrt{1 - \beta_2^2}}{(1 - \beta_2) \sqrt{1 - \beta_1^2}},$$

в его четырехтомном «Собрании научных трудов» отсутствует. Зато ее можно найти у других релятивистов, например, в одной из статей Макса Лауэ [2, с. 230]. Однако данное выражение позволяет уже однозначно установить, что именно движется относительно эфирной среды – приемник или источник. Таким образом, она выпадает из релятивистской концепции.

То ли сами релятивисты, то ли под действием критики своих безвестных оппонентов, только позднее ошибочная логика Эйнштейна ими была отвергнута. Вместо отдельных скоростей приемника и источника релятивисты стали брать их относительную скорость. Но принцип относительности движения приемника и источника в отсутствие эфира на формулу Доплера, как было сказано, распространить нельзя, так как тут же возникает принципиальная неопределенность в написании формул. В результате сегодня мы наблюдаем полнейшую путаницу в математических выражениях, которая получила название *парадокса штриха*. Примерно с одинаковой вероятностью можно встретить две противоположных формулы – либо (8), либо (9).



Макс Лауэ

Эта неоднозначность штриха, естественно, перекинулась на формулы для эталонов длины и времени. Одни релятивисты считают, что изменяются *собственные* эталоны, другие думают, что изменения происходят *относительно* неподвижного наблюдателя. Причем одна часть релятивистов, считает изменение времени *абсолютными* (для них летающие космонавты остаются молодыми), а изменение длины стержней – *относительным*. Другая часть релятивистов, опираясь на другие релятивистские формулы, доказывает ровно противоположное. Одни выводят формулы изменения длины и времени из *прямых* преобразований Лоренца, другие – из *обратных*. Одни под *замедлением* времени понимают его *укорочение* (в частности, авторы учебника [6]), другие – *удлинение* (например, автор книги [7]). Однако поверхностное, исключительно формальное мышление релятивистов не позволяет им уловить логические разногласия в их собственном учении.

За счет произвольного местоположения релятивистского радикала мы имеем четыре варианта написания формул для изменяющихся эталонов длины и времени. Вот эти комбинации.

Эйнштейн [4, с. 18; 16, с. 419–420], Борн [7, с. 299–302] и Паули [8, с. 26–27] выражали изменения эталонов длины и времени следующими формулами:

$$(A) \quad \Delta x = \Delta x' \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \beta^2};$$

в курсе теоретической физики Ландау и Лифшица [6, с. 20–25] эталоны изменяются однотипно:

$$(B) \quad \Delta x' = \Delta x \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \beta^2};$$

в Берклеевском курсе [9, с. 373–377] получены иные формулы:

$$(B) \quad \Delta x' = \Delta x \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \Delta t = \Delta t' \sqrt{1 - \beta^2};$$

наконец, в курсе Левича [11, с. 200–203] можно найти последнюю комбинацию:

$$(Г) \quad \Delta x = \Delta x' \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \Delta t = \Delta t' \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Теперь внимание! Все четыре варианта получены при одном и том же условии: *штрихованная система координат движется, а нештрихованная – покоится*.

На первый взгляд кажется, что авторы книг по теории относительности пишут об одном и том же. В действительности же окончательные математические выражения у них получаются взаимоисключающими. Сейчас мы можем только догадываться, почему, скажем, Ландау и Лифшиц приняли однотипный характер изменения пространственно-временных эталонов. Видимо, они понимали, что прямые и обратные преобразования Лоренца симметричны

относительно радикала и не может получаться так, что при нахождении метрических масштабов в одном случае он оказывался в числителе, в другом случае в знаменателе. По диаграмме Минковского временная и пространственная оси наклонены под одним и тем же углом, поэтому и масштабные единицы должны меняться одинаково. Так что, с точки зрения математики, они были, возможно, ближе к правильному ответу. Можно понять и оправдать позицию Борна и Паули, которые писали свои книги вскоре после публикации Эйнштейна. Они хотели сделать эйнштейновские выкладки математически более прозрачными, но не решились изменить первоначальную формулу и толкование «замедления» времени.

Как бы там ни было, но нам сейчас ясно, что математика здесь играет подчиненную, чисто иллюстративную роль; она не является необходимым звеном в цепи доказательства некоего утверждения, смысл которого пришел в физику не из строгих математических формул. Создается впечатление, что все физики на словах договорились, что в движущейся системе линейка будет укорачиваться, а часы замедляться. Но они не договорились о расстановке штриха в соответствующих формулах, а также о том, откуда ведется наблюдение за объектами – из покоящихся или движущихся координат, какими преобразованиями Лоренца пользоваться при выводе формул – прямыми или обратными, что понимать под замедлением времени – его удлинение или сокращение. Поэтому в этом исключительно важном для философии релятивизма пункте происходит физико-математический сбой в формулах, который практически сводит на нет главный вывод всей современной физики.

В связи с парадоксом штриха хочется обратиться с большой и важной просьбой к нашим релятивистам: «Господа хорошие, подскажите несчастному доценту, какую книгу рекомендовать студентам для изучения азов теории относительности. Опрос студентов я провожу с помощью автомата – знаете, есть такой: из четырех предложенных комбинаций нужно выбрать единственно правильную. Вот я и гадаю, против какого варианта – А, Б, В, Г – ставить слово "да", а против каких – "нет". Очень вас прошу помочь в этом запутанном деле, а то как-то неудобно перед студентами получается. И уж позвольте мне пожалеть неокрепшие умы ребят и не вдавливать им эйнштейновское учение до тех пор, пока славные мужи Российской Академии в лице руководства Физического института РАН не скажут всем преподавателям страны, какому варианту нужно отдать предпочтение и почему».

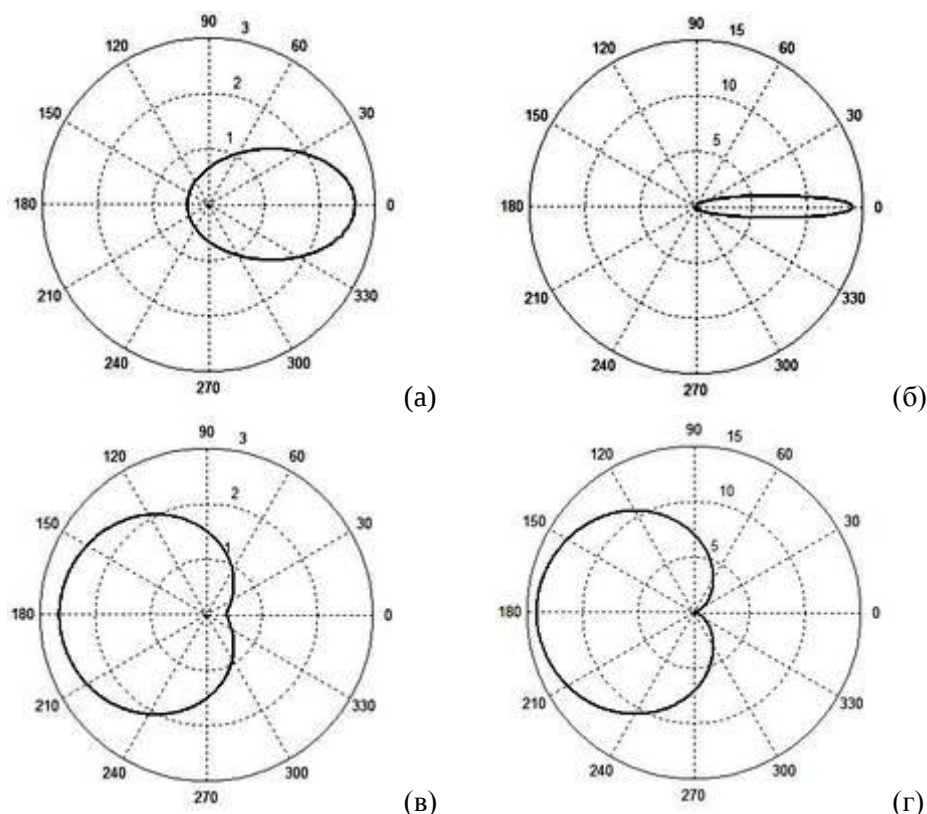


Рис. 7. Форма волнового фронта, рассчитанная по формуле (8) при $\beta = 3/4$ (а), $\beta = 0,99$ (б); имеем кривые в виде эллипса. Если рассчитывать по формуле (9) при $\beta = 3/4$ (в), $\beta = 1$ (г), то в итоге получим кардиоиды.

Но вернемся к нашим двум альтернативным выражениям для описания эффекта Доплера. Обе формулы (8) и (9), разумеется, ложны, поскольку в них лежит ошибочная логика приближенного вычисления, о чём подробно говорилось выше. Чтобы в этом убедиться самым наглядным образом, воспользуемся еще раз элементарной компьютерной программой, позволяющей по формулам строить графики в полярных координатах. На рис. 7 показана диаграмма зависимости λ' от угла θ , рассчитанная по формуле (8) при $\beta = 3/4$ (а) и $\beta = 0,99$ (б). Здесь волновой фронт уже не представляет собой кардиоиду, а всего лишь эллипс. При малой величине параметра β этот эллипс превращается в окружность, что удовлетворяет принципу Гюйгенса и результат близок к истине. Давайте разберемся, почему при малых β релятивистская формула (8) близка к классической?

До сих пор нами рассматривалось движение только источника колебаний; приемник в виде датчика или живого наблюдателя отсутствовал. Чтобы вывести общую формулу для совместного движения источника и приемника с различными скоростями, введем следующие обозначения:

$$F(\beta, \theta) = \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right),$$

λ_0 – собственная длина волны источника колебаний,

λ_1 – длина волны колеблющейся среды,

λ_2 – длина волны, воспринимаемая приемником.

В этих обозначениях выражение для движущегося источника предстанет в форме:

$$\lambda_1 = \lambda_0 F(\beta_1, \theta_1), \quad \text{где } \beta_1 \text{ и } \theta_1 \text{ – параметры источника.}$$

Длина волны для движущегося приёмника определится формулой:

$$\lambda_2 = \lambda_1 / F(\beta_2, \theta_2), \quad \text{где } \beta_2 \text{ и } \theta_2 \text{ – параметры приёмника.}$$

Приемник ничего «не знает» об источнике – движется он или покоится – и какова его собственная частота λ_0 . Он воспринимает колебание среды λ_1 в конкретной точке как автономный процесс. Без наличия среды никакого эффекта Доплера наблюдать не будет. Чтобы найти результирующую длину волны λ_2 от совместного движения источника и приемника, нужно первое выражение подставить во второе, получим:

$$\lambda_2 = \lambda_0 \frac{F(\beta_1, \theta_1)}{F(\beta_2, \theta_2)}.$$

Если параметры источника и приёмника одинаковые ($\beta_1 = \beta_2$, $\theta_1 = \theta_2$), то, согласно только что выписанному выражению, воспринимаемая длина волны не будет отличаться от собственной длины волны источника ($\lambda_2 = \lambda_0$). Отсюда следует исключительно важное следствие, а именно: *с помощью интерферометра Майкельсона–Морли нельзя определить движется или покоится Земля, так как его источник и приемник находятся на одной несущей платформе, движущейся со скоростью Земли.*

В математике справедливы следующие приближения:

$$\sqrt{1-x} \approx 1 - \frac{1}{2}x, \quad \frac{1}{\sqrt{1-x}} \approx 1 + \frac{1}{2}x, \quad \frac{1}{1-x} \approx 1 + x.$$

Применяя их должным образом к выражению $F(\beta_1, \theta_1)$, можно доказать справедливость следующего приближенного равенства:

$$F(\beta_1, \theta_1) \approx \frac{\sqrt{1-\beta_1^2}}{1+\beta_1 \cos \theta_1}. \quad (10)$$

Выражение (10) определяет уравнение эллипса в полярных координатах, что и демонстрируют графики на рис. 7 (а, б). Правда, из-за знака "+" в знаменателе, эллипс развернут в другую сторону, но в принципе получается, что *точная классическая формула (4) случайно совпала с релятивистской формулой (8)*, когда параметр β_1 мал. Поэтому для движущегося источника и покоящегося приёмника релятивисты могут себя поздравить: их теория подтверждается в эксперименте, хотя в действительности они имеют дело, конечно же, с классическим случаем.

Однако для движущегося приёмника и покоящегося источника ситуация радикально меняется и не в пользу релятивистов. При малом значении параметра β_2 имеет место приближенное равенство:

$$\frac{1}{F(\beta_2, \theta_2)} \approx \frac{1 + \beta_2 \cos \theta_2}{\sqrt{1 - \beta_2^2}}. \quad (11)$$

Это выражение определяет уже уравнение кардиоиды, что и подтверждают графики на рис. 7 (в, г). За счет уменьшения релятивистского радикала, для кардиоиды увеличивается значение радиус-вектора, но во всем остальном её форма остается такой же, как и для традиционной формулы (1).

Таким образом, за счет парадокса штриха вся современная физика превратилась в один огромный ком спекуляций. Кроме того, в силу приближенного равенства (10) классический эффект Доплера принимается за релятивистский. Особенно это касается ближнего и дальнего космоса и распространения электромагнитного излучения в пустом пространстве от искусственных космических аппаратов, звезд и других движущихся астрономических объектов. Все эксперименты, проведенные в лабораториях мира с движущимися источниками и малыми значениями β , которые были осуществлены с целью подтверждения теории относительности, ее более или менее "подтвердили". Косвенно эти опыты подтвердили и верность формулы (1), так как явно указывали на различие релятивистской и классической механики волн. Хотя, в действительности, существует одна и только одна формула (4) для описания динамики волн любой природы.

[1] Франк И.М. *Излучение Вавилова–Черенкова. Вопросы теории.* – М.: Наука, 1988.

[2] Лауэ М. *Статьи и речи.* – М.: Наука, 1969.

[3] Черенков П.А. *Излучение частиц сверхсветовой скорости и некоторые применения этого излучения в экспериментальной физике* (Нобелевская лекция). /УФН, 1959, т. 68, №3, с. 378–386.

[4] Эйнштейн А. *К электродинамике движущихся тел.* СНТ. Т.1. – М.: Наука, 1965.

[5] Эйнштейн А. *Теория относительности.* СНТ. Т.1. – М.: Наука, 1965.

[6] Ландау Д.Д. и Лифшиц Е.М. *Теория поля.* – М., 1973.

[7] Борн М. *Эйнштейновская теория относительности.* – М., 1964.

[8] Паули В. *Теория относительности.* – М., 1947.

[9] *Механика. БКФ.* Т.1. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. – М., 1971.

[10] Франкфурт У.И., Френк А.М. *Оптика движущихся тел.* – М.: Наука, 1972.

[11] Левич В.Г. *Курс теоретической физики.* Т.1. – М.: Физматгиз, 1962.

Олег Акимов.

Квантовая теория Доплер-эффекта В.Л. Гинзбурга

<http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/Doppler-G.htm>

Когда аспирант П.А. Черенков и его руководитель академик С.И. Вавилов обнаружили в 1934 году световой конус ударной волны, вызванный электронами, движущимися в прозрачной среде со скоростью больше скорости света в этой среде, у ортодоксальных релятивистов возникли серьезные проблемы. В книге «Излучение Вавилова–Черенкова. Вопросы теории» И.М. Франк писал:

«Были рассмотрены различные гипотезы, о которых теперь уже невозможно вспомнить, и все они оказались бесплодными. Выяснилось, что наглядная картина, использующая принцип Гюйгенса, – это единственная, дающая качественно правильный результат. И величина $\beta = v/u$, и пробег наиболее энергичных комптоновских электронов действительно могли дать требуемую направленность волн под острым углом к скорости электрона» [1, с. 31].



П.А. Черенков

Тем не менее, Франк и его коллеги пошли по пути квантовой физики. Особенно усердствовал в этом направлении лауреат Нобелевской премии за 2003 год. Франк пишет:

«Что касается теории, то первое развитие теории получила в работах В.Л. Гинзбурга, давшего квантовое рассмотрение явления и распространившего теорию на случай оптически анизотропной среды (1940 г.).» [1, с. 34–35].



С.И. Вавилов

Итак, в 1940 году эффект Вавилова–Черенкова в голове В.Л. Гинзбурга превратился из волнового процесса, тесно связанного с принципом Гюйгенса, в квантовый, при котором нужно было оперировать фотонами, т.е. корпускулярными представлениями. Давайте посмотрим, какое теоретическое здание тогда еще молодой и только-только начинающий теоретик возвел на обыкновенном оптическом явлении, с которым неожиданно столкнулся аспирант Черенков, работавший в начале 1930-х годов по заданию Вавилова над темой люминесценции. В этом деле нам поможет доклад Гинзбурга, прочитанный в 1996 году по случаю получения им Большой золотой медали имени Ломоносова.

Перед цитированием Гинзбурга с целью большего удобства приведем четыре наиважнейшие для нас формулы из предыдущего раздела:

традиционная формула для Доплер-эффекта –

$$\lambda' = \lambda(1 - \beta \cos \varphi) \quad , \quad (1)$$

формула Маха для акустического конуса –

$$\sin \theta = 1/\beta = c/v \quad , \quad (2)$$

формула Черенкова для оптического конуса –

$$\cos \varphi = 1/n\beta \quad , \quad \varphi = \arccos(1/n\beta) \quad , \quad (3)$$

уточненная формула для Доплер-эффекта –

⁶ Франк И.М. *Излучение Вавилова–Черенкова. Вопросы теории.* – М.: Наука, 1988.

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right) . \quad (4)$$

Здесь предполагается, что источник света движется, а его приемник покоится, при этом $\beta = v/c$ – скорость движения источника относительно скорости распространения колебаний, φ – угол между векторами v и c , θ – угол наблюдения, λ и λ' – собственная и принятая длина волны. Если $v > c$ или $\beta > 1$, то появляется конус ударной волны, показанный на рис. 2.

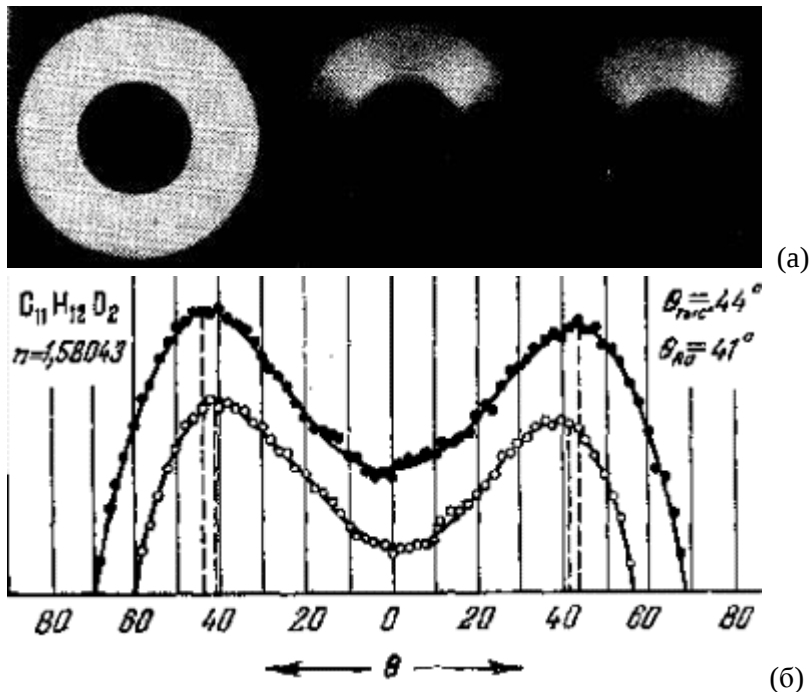


Рис. 1

(а) Фотографии углового распределения интенсивности излучения: обычная люминесценция (снимок слева), свечение этилцеттата ($n = 1,58043$, снимок в центре), свечение воды ($n = 1,3371$, снимок справа).

(б) Угловые распределения интенсивности для этилцеттата: верхняя кривая соответствует возбуждению свечения комптоновскими электронами от лучей ThC ($\beta = 0,866$), нижняя – от Ra ($\beta = 0,866$).

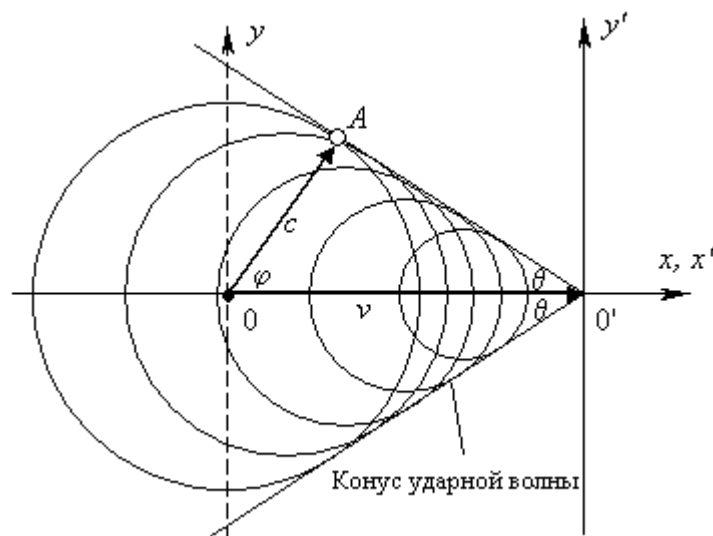


Рис. 2. Чертеж, позволяющий получить формулу (2) для определения угла θ при вершине конуса ударной волны

«Как на квантовом языке, – задается вопросом Гинзбург, – объяснить отсутствие в вакууме излучения равномерно движущегося заряда (или другого источника, не имеющего собственной

частоты)? Для этой цели достаточно использовать законы сохранения энергии и импульса при излучении фотона частицей:

$$\begin{cases} E_0 = E_1 + \hbar\omega, & E_{0,1} = \sqrt{m^2 c^4 + c^2 p_{0,1}^2}, \\ \mathbf{p}_0 = \mathbf{p}_1 + \hbar\mathbf{k}, & k = \frac{\omega}{c}, \quad \mathbf{p}_{0,1} = \frac{m\mathbf{v}_{0,1}}{\sqrt{1 - v_{0,1}^2/c^2}}, \end{cases}$$

Далее Гинзбург замечает: «Легко убедиться в том, что» данная система уравнений при $\beta < 1$ не имеет решения, «т.е. излучение невозможно» [2,⁷ с. 1037]; «излучение возможно (т.е. $\cos \theta < 1$ и $\omega > 0$) только при сверхсветовом движении» [4,⁸ с. 541]. Это вытекает из анализа аналогичных уравнений сохранения для среды, решение которых дается двумя равенствами:

$$\begin{aligned} \cos \theta_0 &= \frac{c}{n(\omega) v_0} \left[1 + \frac{\hbar\omega(n^2 - 1)}{2mc^2} \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} \right] \\ \hbar\omega &= \frac{2(mc/n)(v_0 \cos \theta_0 - c/n)}{(1 - 1/n^2) \sqrt{1 - v_0^2/c^2}}. \end{aligned}$$

Первое равенство при условии

$$\frac{\hbar\omega}{mc^2} \ll 1 \quad \text{переходит в} \quad \cos \theta_0 = \frac{c}{n(\omega) v},$$

что является известным условием излучения Вавилова–Черенкова. Однако указанное условие равносильно условию классичности ситуации, когда постоянная Планка устремляется к нулю. Тогда о каких квантах здесь можно говорить? В связи с этим казусом Гинзбург напускает дымовую завесу: «В условиях, когда результат не содержит постоянную Планка, квантовый расчет имеет лишь *методическое* значение» [4, с. 541]. Если откровенно сказать, *никакого* значения. С возрастом этот фиговый лист Гинзбург отбросил и честно признался:

«В этой связи Л.Д. Ландау в 1940 г., когда ему рассказали о моей работе, заметил, что она не представляет интереса. Как ясно из сказанного, для такого заключения у него были основания, и это вообще характерно для критических замечаний Ландау – обычно они били в цель» [2, с. 1037].

Что сделал Гинзбург с точки зрения математики? Мы видим, что ему нужен был «чистенький» косинус без всякого там квантово-релятивистского довеска. Для этого он и освободился от второго члена в квадратных скобках путем непосредственной «ампутации» математического выражения. Употребленный здесь термин взят из стародавней статьи бывшего директора ФИАНа, Д.В. Скобельцына, которого страшно возмутила манера Гинзбурга обращаться с формулами. Статья называется «Парадоксы квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера», в которой автор камня на камне не оставил от статьи В.Л. Гинзбурга и В.А. Угарова, написанной годом раньше. Скобельцын пишет: «Если вместо (3.22) в интеграл (3.9) поставить "ампутированное", как указанное выше, выражение (4.1) и провести все вычисления» [5,⁹ с. 312], то авторы всегда получают, что они хотят. В этом и состоит суть *формально-феноменологического метода*, о котором беспрестанно говорит Гинзбург. Его идея такова: имеется феномен (в данном случае эксперимент Вавилова–Черенкова); нужно путем формальных манипуляций под этот феномен подогнать конкретную теорию, опирающуюся на супергибкую квантовую механику и теорию относительности.

Не хочется вдаваться в содержание статьи Скобельцына и выяснять, что подразумевается под (3.22), (3.9) и (4.1) – это сильно нас отвлечет, – но одно место для внесения большей ясности в нашу проблематику необходимо всё же процитировать.

...Свободный электрон, движущийся прямолинейно и равномерно в пустом пространстве, – пишет критик Гинзбурга, – не может излучить свет за счет своей кинетической энергии. Опираясь на

⁷ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

⁸ Гинзбург В.Л. *Некоторые вопросы теории излучения при сверхсветовом движении в среде*. УФН **LXIX** 537 (1959).

⁹ Скобельцын Д.В. *Парадоксы квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера*. УФН **122** 295 (1977).

основы теории относительности, к такому заключению можно прийти сразу же, если ввести инерциальную систему отсчета, в которой рассматриваемый электрон покоится и в которой, следовательно, энергия, необходимая для излучения фотона при заданных условиях, равна нулю. Однако, как хорошо известно, электрон в состоянии равномерного движения в среде дает такое излучение – излучение Вавилова–Черенкова.

Если воспользоваться указанной выше системой отсчета (в которой электрон неподвижен), то возникает вопрос – где же источник энергии черенковского излучения? На этот вопрос естественно ответить предположением, что таким источником является кинетическая энергия движения среды, взаимодействующей с э.-м. полем покоящегося в ней электрического заряда.

Такой ответ не вызывает сомнений при «глобальной» – макроскопической – постановке вопроса. Однако схема трактовки микроскопической – квантовой картины явления приводит к другому ответу на поставленный выше вопрос. В основу квантового описания положены соотношения, вытекающие из тензора Минковского, и следующее парадоксальное их следствие.

В указанной системе отсчета (в которой электрон покоится), внутри «конуса излучения Черенкова» энергия фотона отрицательна: фотон, испускаемый в этих условиях, не уносит, а наоборот, отдает энергию (а также и импульс) излучающему его электрону. Тем самым, как нами уже и отмечено, обнаруживается прямое противоречие с фундаментальным соотношением Эйнштейна $E = mc^2$. В дальнейшем мы подробно обсудим возникающую таким образом контрверзу [5,¹⁰ с. 296].

Претензия Скобельцына к Гинзбургу и Угарову как раз и состояла в том, «что полученный авторами удовлетворяющий их результат достигается за счет нарушения тех общих принципов релятивистской механики, которым подчинен выбор выражения силы (или плотности силы) в движущейся среде» [5, с. 313]. Еще раньше в 1947 году Гинзбург кооперировался с Франком для написания статьи на тему квантовой интерпретации эффекта Черенкова. Однако основной мишенью Скобельцына был, в основном, один Гинзбург, поскольку именно он первый в 1940 году начал насильственно внедрять в классическое явление оптики спекулятивные элементы квантовой механики. Поэтому нижеприведенный отрывок главным образом адресуется ему.

Теория, из которой вытекает квантовая формула эффекта Комптона, – берет для сравнения Скобельцын, – обладает престижем, основанным на таком множестве экспериментальных подтверждений, которое в настоящее время едва ли обозримо. Что ж касается квантовой теории черенков-эффекта, то в активе этой теории вообще нет каких-либо экспериментальных подтверждений, а в пассиве ее – противоречия кардинальным требованиям релятивистской механики.

В основу квантовой модели черенков-эффекта положено представление о переходе электрона из одного состояния прямолинейного движения в другое его состояние, с сопутствующим этому переходу излучением. Невозможно представить себе конкретную обстановку эксперимента, в которой можно было бы, хотя бы в принципе, обнаружить такого рода переходы. Образам, использованным в квантовой модели черенков-эффекта, нельзя приписать *прямой* физический смысл. С другой стороны, в результате многолетних экспериментов можно уверенно утверждать, что *корпускулярные* образы являются адекватной формой интерпретации эффекта Комптона. Имеется обоснованная уверенность в том, что в этом случае *любые следствия* корпускулярной модели, в принципе, могут быть *прямо* подтверждены экспериментом.

Подводя итоговую черту, можно констатировать, что попытки квантовой трактовки рассмотренных выше эффектов на основе простых квазиклассических моделей не приводят к удовлетворительным результатам.

В сущности, это и следовало ожидать заранее.

Во-первых, модель, о которой шла речь (в гл. 3 и 4 статьи), представляется свехупрощенной и, во-вторых, едва ли вообще, оставаясь в рамках *классических* представлений, можно описать *квантовый* механизм излучения [5, с. 316].

Итак, «квантовая» теория, созданная Гинзбургом в 1940 году, была раскритикована Ландау. Гора родила мышь: громоздкие квантово-релятивистские уравнения давали простенькую формулу для конуса ударной волны, только в условиях классической физики. Достигалось же это путем грубой «ампутации» квантово-релятивистского члена в формуле для косинуса. Зачем Гинзбург при чтении церемониального доклада 1996 года напомнил о промахах своей молодости, не понятно. Однако Скобельцын, как мы видим, критикует совсем другой вариант квантовой теории Гинзбурга, к которому мы сейчас и переходим.

¹⁰ Скобельцын Д.В. *Парадоксы квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера*. УФН 122 295 (1977).

Позднее зрелый теоретик Гинзбург напрочь забывает про электроны, фигурирующие в эксперименте Черенкова, поскольку они «не имеют собственной частоты», и берется рассматривать атомы или молекулы, которые излучать в принципе могут.

«Если такой источник движется в вакууме с постоянной скоростью v (в лабораторной системе отсчета), – говорит Гинзбург, – то в этой лабораторной системе частота излучаемых волн равна

$$\omega(\theta) = \frac{\omega_{00} \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - (v/c) \cos \theta} = \frac{\omega_0}{1 - (v/c) \cos \theta}$$

где θ – угол между волновым вектором k (направлением наблюдения) и v . Частота ω_0 – это частота колебаний в лабораторной системе» [2, ¹¹ с. 1037].

Естественно, мы находимся в лаборатории. И что же получается? Чтобы в релятивистской формуле избавиться от нежелательного для нас сейчас радикала, нужно просто распахнуть дверь в мысленную лабораторию и мысленно войти в нее? Как видим, перед нами всё тот же славный хирургический метод «ампутации» ненужных нам членов в математическом выражении.

Далее Гинзбург переходит к среде с показателем преломления $n(\omega)$ и коренным образом меняет предыдущую формулу:

$$\omega(\theta) = \frac{\omega_{00} \sqrt{1 - v^2/c^2}}{|1 - (v/c) n(\omega) \cos \theta|} = \frac{\omega_0}{|1 - (v/c) n(\omega) \cos \theta|}$$

сообщив при этом, что «под корнем $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ замену c на c/n делать не нужно, так как этот корень связан с замедлением времени для движущегося источника и не имеет отношения к процессу излучения» [2, с. 1037]. Это, конечно, тоже вольность, но релятивистам невозможно доказать, что все формулы физики должны записываться, исходя из данной конкретной ситуации, а не из каких-то общих принципов. Если в данном эксперименте не зафиксировано замедление времени, то нечего о нем и говорить. Но это так, мелочи; главная методологическая ошибка здесь заключается в другом.

Обратите внимание, в последней формуле наряду с показателем преломления $n(\omega)$ появляется модуль. Зачем он понадобился Гинзбургу? Ясно зачем: ведь если $v > c$, то $\omega(\theta) < 0$, а отрицательных частот в природе не бывает. Вот наш теоретик и решил волюнтаристским приёмом исключить этот нежелательный для него и природы результат. Незадачливый хирург «пришил» к формуле необходимые ей две черты, совершенно не понимая, что тем самым он не просто исключил отрицательные частоты, но и в корне изменил поведение функции $\omega(\theta)$.

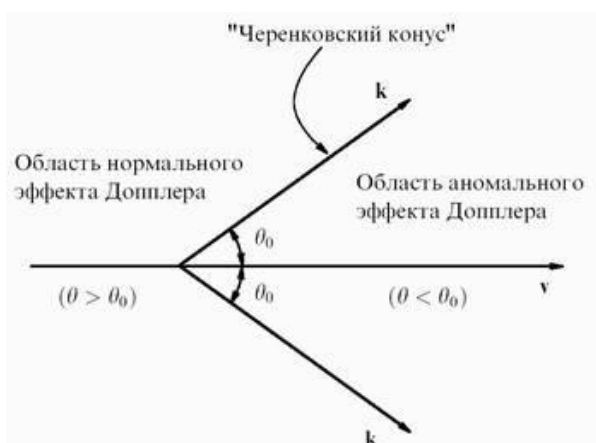


Рис. 3. Область нормального ($\theta > \theta_0$) и аномального ($\theta < \theta_0$) эффекта Доплера по версии В.Л. Гинзбурга.

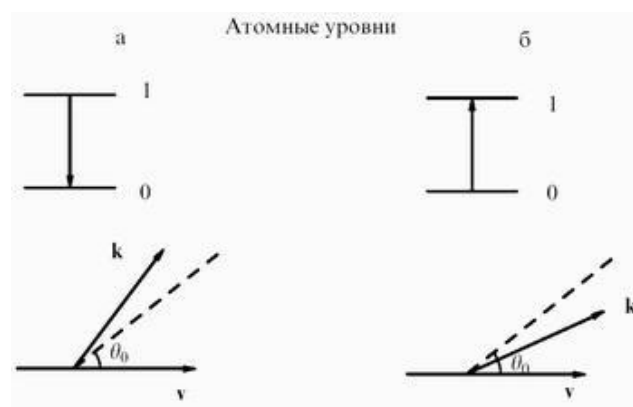


Рис. 4. Переходы между атомными уровнями 0 и 1 в случае нормального (а) и аномального (б) эффекта Доплера, согласно квантовой теории В.Л. Гинзбурга.

Однако данный подгоночный прием не решает главную задачу, а именно: когда $\beta n > 1$, появляется излучение Вавилова–Черенкова теперь уже, по воле Гинзбурга, с положительной

¹¹ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

частотой $\omega(\theta) > 0$. Но при $\beta n < 1$ Черенков не наблюдал никакого излучения. Как с этим-то быть? Очень ответственный для нас момент; собственно, с него начинается **Великая Квантовая Теория Гинзбурга**.

Прежде всего автор ее делит эффект Доплера на *нормальный* и *аномальный*, как показано на рис. 3.

Обращаясь к последней выписанной здесь формуле, Гинзбург говорит, что по ней полезного для нас

«ничего сказать нельзя и отличие между нормальным и аномальным эффектами Доплера не представляется особенно существенным. И вот оказалось, что квантовый подход (или, точнее, использование законов сохранения энергии и импульса) позволяет вскрыть очень важную особенность аномального эффекта Доплера. Будем считать, что излучатель представляет «систему» (атом) с двумя уровнями – нижним уровнем 0 и верхним уровнем 1 (рис. 4).

Тогда при использовании законов сохранения [выше они уже приводились] нужно лишь изменить выражение для энергии излучателя, учитывая наличие внутренних степеней свободы (уровней). Это значит, что энергия

$$E_{0,1} = \sqrt{(m + m_{0,1})^2 c^4 + c^2 p_{0,1}^2}$$

где $(m + m_0)c^2 = mc^2 + W_0$ – полная энергия системы (атома) в нижнем состоянии 0, а $(m + m_1)c^2 = mc^2 + W_1$ – та же энергия в верхнем состоянии 1. Энергия $W_1 > W_0$ и покоящийся атом при переходе $1 \rightarrow 0$ излучает частоту

$$\omega_{00} = \frac{W_1 - W_0}{\hbar} \quad ».$$

Далее выясняется, что

«в области нормального эффекта Доплера атом, как и в вакууме, переходит с верхнего уровня 1 на нижний уровень 0... В области же аномального эффекта Доплера, напротив, при излучении фотона происходит возбуждение атома – он переходит с уровня 0 на уровень 1 (см. рис.14). Энергия при этом черпается из кинетической энергии поступательного движения... При этом оказывается, что излучение волн в области вне черенковского конуса (т.е. при нормальном эффекте Доплера) тормозит колебания. Напротив, излучение, идущее внутрь черенковского конуса, отвечающее аномальному эффекту Доплера, раскачивает колебания осциллятора, т.е. возбуждает его» [2,¹² с. 1038].

Скобельцын был, конечно, прав: всё в этой теории выглядит надуманно. Ничего подобного Черенков не наблюдал, и все гинзбургские придумки с уровнями проверить невозможно. Но предположим, что внутри атомов и молекул существуют два уровня 0 и 1, на которые «спрыгивает» электрон, однако в равномерно движущемся электроны таких уровней нет – там-то что «прыгает»? Но вновь пойдем навстречу автору и забудем про электроны, целиком сосредоточимся на фотонах. По теории Гинзбурга, излучение фотонов в атоме происходит как при нормальном эффекте Доплера, так и при аномальном; отличие заключается лишь в степени вероятности. Однако никто не отменял релятивистское положение о том, что равномерно и прямолинейно движущийся заряд при $\beta n < 1$ не испускает никаких волн или фотонов. Зачем, спрашивается, нужно было городить весь этот огород из формул, если он не дает наблюдаемого в опыте результата? Здесь мы сталкиваемся с той странной манерой творчества Гинзбурга, когда все его теоретические построения ничем не заканчиваются.

Противоречие нормального эффекта Доплера, представляется очень любопытным. В более ранней и более детально прописанной работе, изобилующей формулами, Гинзбург выражается столь же неопределенно, что и в докладе 1996 года. В 1959 году он написал:

«Если система [атом или молекула] имеет только два дискретных уровня 0 и 1, то при $\beta n < 1$ (досветовое движение) в стационарном состоянии излучатель [атом] находится на нижнем уровне 0... если возбужден уровень 1, то через некоторое время система высветится с переходом на уровень 0. Если же $\beta n > 1$ (сверхсветовое движение), то и в стационарных условиях имеется вероятность найти систему на уровне 1 и она всё время излучает как нормальные, так и аномальные доплеров-

¹² Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

ские волны... интенсивность излучения нормальных и аномальных волн определяется, очевидно, отношением суммарных вероятностей излучения этих волн» [3,¹³ с. 542]. «Далее, ясно, что при сверхсветовом движении потоков систем с двумя или многими уровнями, как правило, должно иметь место не поглощение (реабсорбция), а усиление (отрицательное поглощение) аномальных доплеровских волн» [3, с. 543]. «...при наличии аномального эффекта Доплера (т.е. если $\beta n > 1$) пучок частиц, находящихся на одном только нижнем уровне 0, обладает отрицательным поглощением [положительным испусканием], и излучаемые отдельными частицами волны усиливаются. Это обстоятельство является, по-видимому, весьма благоприятным с точки зрения возможности использования пучков частиц, движущихся в диэлектрической щели или замедляющей системе, для генерации и усиления микроволн» [3, с. 543–544].

За этим наукообразными словесами просматривается желание Гинзбурга представить дело так, будто степень вероятности излучения фотона при нормальном эффекте Доплера столь незначительна, что ее не стоит и принимать во внимание. Релятивиста Скобельцына данная проблема, похоже, не заинтересовала. Он больше обеспокоился тем, что квантовая теория Гинзбурга противоречит догмам спекулятивной физики. Статью 1977 года он заканчивает так:

Таким образом, в результате введения некоторой *произвольной* гипотезы удастся установить подобие схемы описания рассматриваемых эффектов картине, вытекающей из квантовой теории этих явлений. Квантовым языком, использующим концепцию «псевдоимпульса» фотона, оказывается возможным пользоваться для приближенного описания известных закономерностей черенков-эффекта. Корпускулярные представления приводят к формуле (приближенной) доплер-эффекта, которая соответствует требованиям кинематики.

Вместе с тем согласование представлений о квантовом фотоне с теорией относительности оплачивается ценой отказа от некоторых фундаментальных квантовых соотношений. Уравнение Планка – Эйнштейна $E' = h\nu'$ в движущихся средах не выполняется (здесь E' – энергия цуга волн, заданная уравнением $E_0 = h\nu_0$, где E_0 и ν_0 – значения энергии и частоты данного цуга в среде неподвижной).

Что же касается обоснованности предсказаний специфически квантовых эффектов таких, как самовозбуждение атома, высвечивающегося при излучении света внутри конуса Черенкова, то не следует упускать из виду, что в основу нового варианта теории положены *произвольные* допущения. Можно усмотреть и определенное противоречие этих допущений исходным посылкам теории.

Квантовая теория заимствует готовый аппарат квантования поля в вакууме и применяет его к среде, пренебрегая силами Абрагама и исходя из того, «что взаимодействие со средой учитывается тем, что положено $\epsilon \neq 1$ ».

Такая трактовка была правомерна в рамках концепций Минковского. Однако в настоящее время возникла необходимость такой переформулировки теории, в которой существенная роль должна быть отведена процессам передачи среде импульса излучения (при среде неподвижной), а также и энергии – среде движущейся... В связи с этим сама постановка задачи квантования должна быть, видимо, пересмотрена. Среда должна, по-видимому, рассматриваться как составная часть квантуемой системы. На данном же этапе квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера можно приписывать лишь эвристическое значение [5,¹⁴ 319].

Итак, еще раз проследим за ходом мысли Гинзбурга. С самого начала он усмотрел связь между косинусом, фигурирующим в формуле (3), и косинусом, фигурирующим в формуле Доплера (1). Теоретик всеми способами пытался провести логическую цепочку от (1) к (3). Но такой связи не существует: формула (1) ошибочна, а формулу (3) правильнее писать через синус, как формулу (2). В этом случае обнаружится совершенно новая связь между синусом формулы (2) и синусом, стоящим в подкоренном выражении (4). Такая связь будет уже истинной, поскольку диктуется она не случайным сходством символов (в данном случае, символа $\sin \theta$), а безупречной логикой пространственных представлений (рис. 4 и 6). Гинзбург же отказывается от геометрических образов, а весь свой мысленный процесс строит вокруг символов (в его случае, $\cos \theta$). Далее он пытается незаконными математическими средствами доказать справедливость первоначально привидевшейся ему формальной связи между косинусами.

¹³ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **171** 109 (2001).

¹⁴ Скобельцын Д.В. *Парадоксы квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера*. УФН **122** 295 (1977).

Разбирать альтернативную теорию, предложенную релятивистом Скобельцыным, мы не станем. Вместо этого обратим внимание на одно интересное место в докладе Гинзбурга. В 1996 году он говорил:

В 1940 г. Л.И. Мандельштам, выступая в качестве оппонента на защите докторской диссертации П.А. Черенкова, отметил, что эффект В.Ч. будет наблюдаться и в том случае, если заряд (источник) движется не в сплошной среде, а в проделанном в ней тонком пустом канале. Физически дело в том, что излучение В.Ч. формируется не только на самой траектории заряда, но и вблизи нее на расстоянии порядка длины волны излучаемого света... В качественном отношении такая же картина наблюдается при замене канала щелью или просто при движении заряда вблизи среды (диэлектрика). Всё это важно в связи с тем, что при движении заряда в среде потери его энергии на излучение В.Ч. сравнительно невелики; основными являются ионизационные потери, локализованные в непосредственной близости от траектории. Поэтому при движении в каналах, щелях и вблизи среды ионизационные потери исключаются, а излучение В.Ч. сохраняется. Если для зарядов этот момент, хотя и важен, но не является решающим, то при наблюдении Доплер-эффекта в среде, когда речь идет о движении возбужденных атомов, всё явление может наблюдаться только с использованием каналов или щелей – иначе атом разрушается. Правда, Доплер-эффект может наблюдаться и наблюдается и при движении в весьма разряженной среде, в частности, в плазме [2,¹⁵ с. 1035].

В статье 1959 года имеется обширный параграф, который называется «Черенковское излучение дипольных моментов в сплошной среде и при движении в каналах и щелях». В нем автор рассказывает о специально разработанном им методе, содержание которого, однако, нет надобности раскрывать. Достаточно привести несколько вступительных фраз, чтобы понять ошибочность постановки задачи. Вот эти фразы:

Обычно рассматривается только черенковское излучение *точечных* зарядов или заряженных сгустков (пакетов). В то же время, конечно, совершенно ясно, что черенковское излучение должно испускаться любым излучателем, движущимся со скоростью v , большей фазовой скорости света в среде c/n . Другими словами, условие излучения сохраняется и для любого мультиполя, в частности для электрического и магнитного дипольных моментов; интенсивность же излучения существенно изменяется уже для диполей (не говоря уже о более высоких мультиполях) обычно значительно меньше, чем для заряда... Для элементарных частиц (электрон, нейтрон и т.д.) или атомных ядер магнитодипольное черенковское излучение очень слабо и не представляет интереса. Положение меняется, когда рассматриваются сгустки частиц, в определенных условиях излучающие подобно *точечным* частицам с зарядом и мультипольными моментами, отвечающими всему сгустку... Рассмотрим *точечную* частицу с зарядом e , электрическим дипольным моментом $\mathbf{p}$ и магнитным моментом $\mathbf{m}$, движущуюся со скоростью v [4,¹⁶ с. 557–558].

В этих первых предложениях курсивом выделено слово *точечный*, т.е. Гинзбург принимает, что электрон не имеет протяженности, а молекула или отдельный атом снабжены электрическими и магнитными моментами. Поскольку электрон, а тем более атом или молекула, не являются точечными объектами, то вся физика явления представлена автором неверно. Заканчивается указанный параграф, а вместе с ним и статья, следующими словами:

Таким образом, справедливость формул (47)–(49) для черенковского излучения *точечных* диполей в сплошной среде, на наш взгляд, не вызывает сомнений. Выше можно было убедиться в высокой эффективности метода, основанного на использовании теоремы взаимности, при вычислении черенковского излучения в узких каналах. Этот метод использовался и при рассмотрении переходного излучения; он должен быть также полезен при решении целого ряда других задач теории черенковского и переходного излучения при наличии границ [4, с. 563].

Взгляните на рис. 5, взятый из статьи Гинзбурга [4]. Автор почему-то не озабочился вопросом, почему точечный заряд, в частности, электрон, испускает ударную волну, двигаясь, по сути, в пустом канале или щели, хотя и вблизи вещества, характеризующегося показателем преломления n . Один этот факт опрокидывает все формальные построения Гинзбурга, поскольку

¹⁵ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

¹⁶ Гинзбург В.Л. *Некоторые вопросы теории излучения при сверхсветовом движении в среде*. УФН **LXIX** 537 (1959).

понятно, что электрон, атом или молекулу ни в коем случае нельзя рассматривать как точечные объекты, иначе будет совершенно непонятно, как точечный объект, двигаясь вне среды, умудряется испускать ударные волны, наклон которых определяется показателем преломления среды.

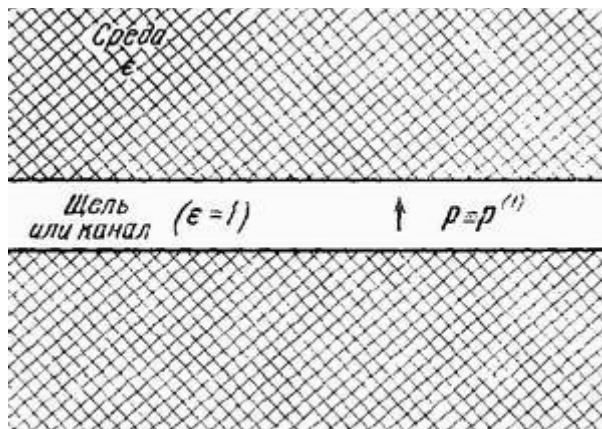


Рис. 5. Чертеж из статьи Гинзбурга [4], в которой рассматривается теория движения точечных зарядов вдоль канала или щели.

Электрон – не точка!

8 марта 1928 года, Дж.Дж. Томсон в докладе под названием «За пределами электрона» сказал буквально следующее:

«...движущийся (в частности, равномерно) электрон всегда сопровождается цугом волн. Эти волны как бы несут его с собой и определяют его путь. Таким образом, движущийся электрон представляет собой значительно более сложную вещь, чем простой точечный заряд» [9,¹⁷ с. 571–572].



Дж.Дж. Томсон

Этот вывод Томсон сделал после проведенных его сыном, профессором Г.Ф. Томсоном, экспериментов по прохождению электронов сквозь сверхтонкую фольгу. Сын сделал снимки (рис. 6), однозначно доказывающие волновую природу электронов. Копенгагенская же школа спекулятивной физики провозгласила следующую дуалистическую догму: электроны представляют собой точечные частицы; по прохождению электронного пучка через фольгу возникает волновая картина случайного распределения точечных объектов. Таким путем в их уме происходит согласование корпускулярной и волновой природы электрона.

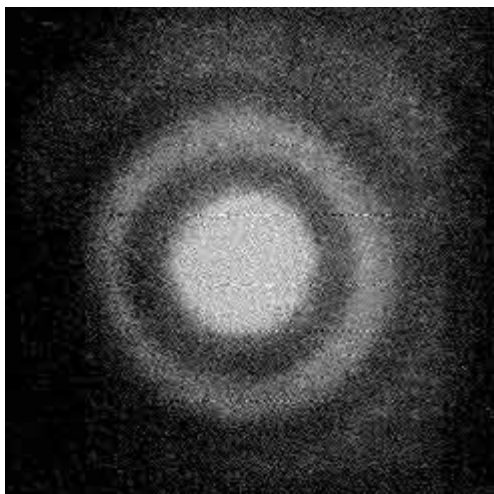


Рис. 6. Снимок Г.Ф. Томсона пучка электронов, прошедшего через сверхтонкую фольгу. Дж. Дж. Томсон по поводу результата, полученного его сыном, сказал: «На рисунке виден ряд колец, положение которых в точности совпадает с положением дифракционных колец света определенной длины волны, которые бы получились при его прохождении через эту же пластинку... Согласно измерениям Г. Ф. Томсона, электронам, движущимся со скоростью в 10^{10} см/с, соответствует длина волны, близкая к $7,8 \cdot 10^{-10}$ см»

¹⁷ Томсон Дж.Дж. *За пределами электрона*. УФН VIII 570 (1928).

Между тем сам открыватель электрона и его корпускулярно-волнового дуализма, Дж.Дж. Томсон, мыслил абсолютно по-другому. Он разработал модель электрона в виде волнового пакета, который складывается из несущих его волн. Пакет этот обладает собственными периодами колебаний, принимающими определенные квантовые значения, так как между колебаниями пакета и колебаниями несущих его волн должны возникать резонансные отношения.

«Отсюда следует, – говорит Дж. Дж. Томсон, – что импульс и энергия электрона, подобно его частотам и длинам волн, не могут принимать любых значений. Возможные значения, например, импульса, всегда отделены друг от друга конечными интервалами, так что рост количества движения идет не непрерывно, а скачками. Таким образом, мы приходим к своего рода квантованию количества движения. С нашей точки зрения, квантование является следствием и выражением определенной структуры электрона – только такие движения возможны, или, по крайней мере, устойчивы, которые находятся в резонансе с внутриэлектронными колебаниями» [9, с. 587]. «Интересно отметить, – продолжает Дж. Дж. Томсон, – что при таком взгляде на электрон применение методов классической механики ведет к результатам, которые раньше считались исключительной особенностью квантовой механики» [9, с. 589].

Последняя фраза взята из самой концовки статьи. Поскольку Гинзбург, его последователи и большинство поклонников спекулятивной физики не знакомы с конструктивным взглядом Дж.Дж. Томсона на строение основного элемента мироздания, каковым является электрон, нам не помешает познакомиться с текстом его доклада «За пределами электрона» более детально.

Подобно тому, – говорит докладчик, – как понятия световых частиц оказалось недостаточно для объяснения свойств света и пришлось ввести понятие световых волн, так и понятия электрических частиц оказалось недостаточно для объяснения свойств электронов и пришлось предположить, что эти частицы сопровождаются системами волн. Дуализм волны–частицы имеет, таким образом, место в самых разнообразных областях физики и, по-видимому, коренится в самой природе вещей. Для того чтоб оценить важность этого факта, рассмотрим вкратце, каким образом энергия переходит из одного места в другое.

Пусть, например, электрон меняет свое местоположение – возникает вопрос: каким путем следует за ним его энергия? Этот вопрос можно сформулировать яснее, если вернуться к старому представлению об электроне, как о шарике с радиусом в 10^{-13} см. Когда этот шарик движется, то сосредоточена ли его энергия внутри него или она распространена по всему внешнему пространству и пролагает себе путь через эфир? Если, как я это делаю, считать, вслед за Фарадеем и Клерком Максвеллом, что свойства заряженных тел обуславливаются линиями сил в окружающем их эфире, то энергию электрона нужно представлять себе сосредоточенной не в маленькой сфере, символизирующей электрон, а во всем внешнем пространстве. Согласно этому воззрению, вся энергия сосредоточена в эфире и распространяется с одного места на другое через посредство эфирных волн.

Факт передачи энергии через эфир был впервые ясно и отчетливо сформулирован моим старым другом проф. Джоном Генри Пойнтингом. Его рассуждения приводят к результатам на первый взгляд несколько странным, хотя я считаю их, безусловно, правильными. Например, я убежден, что большинство из всех считает, что энергия электрических лампочек сообщается им от электростанции через соединяющие их медные проволоки. Согласно Пойнтингу дело обстоит вовсе не так, и энергия распространяется не по проволоке, а по окружающему ее внешнему пространству. Роль проволоки заключается не в том, что она переносит энергию, а скорее в том, что она направляет ее путь во внешнем пространстве. Энергия распространяется в виде волн по эфиру вне проволоки со скоростью, не зависящей от размеров проволоки и от ее материала [9, с. 574–575].

Далее Дж. Дж. Томсон рассказывает о групповой скорости, с которой передается энергия и заключает, что

эфир, который сам по себе может переносить энергию только со скоростью света, вследствие присутствия электрических зарядов переходит в сверхдиспергирующее состояние и становится способным служить передатчиком энергии с любой скоростью, меньшей скорости света. При своем передвижении энергия сопровождается цугом волн, определяющих направление ее движения, которые сами по себе, вне тех мест, где находится переносимая ими энергия, обладают лишь небольшой энергией. При этом каждой скорости передвижения энергии соответствует определенная длина волны, которая тем меньше, чем быстрее движется энергия. Скорость самих волн значительно больше скорости энергии, причем произведение этих двух величин равно квадрату скорости распространения волн через чистый недиспергирующий эфир. [9, с. 580–581].

Дж. Дж. Томсон напоминает, что диаметр электрона (10^{-13} см) был вычислен косвенно и приводит формулу, по которой велся расчет. В его модели плотный волновой пакет окружен сверхдиспергирующей областью, по своим качествам напоминающую ионосферу. Величиной этой области как раз и нужно характеризовать объем электрона, как волнового объекта.

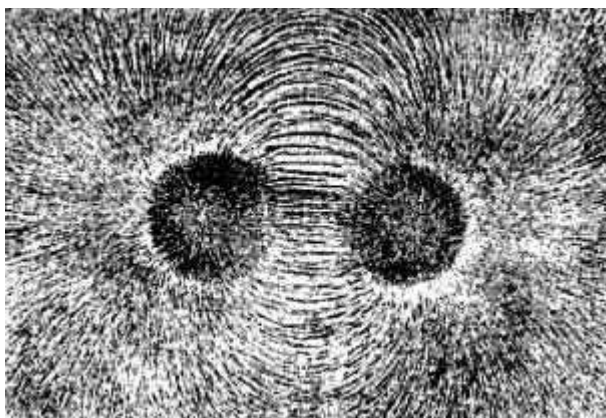
Эту величину можно хотя бы приблизительно определить из непосредственных опытов, подобных опытам Г.Ф. Томсона над получением дифракционных колец при прохождении электронов через тонкие металлические листки. Зная радиусы этих колец, можно определить длину волны электронных волн, находящихся в пределах сверхдиспергирующей области, интерференция которых и обуславливает появление колец. Для того, чтоб интерференция была заметной, электронный цуг должен заключать в себе, по крайней мере, несколько таких волн.

Согласно измерениям Г.Ф. Томсона, электронам, движущимся со скоростью в 10^{10} см/с, соответствует длина волны, близкая к $7,8 \cdot 10^{-10}$ см. Следовательно, диаметр сверхдиспергирующей области должен равняться самое меньшее 10^{-9} см, т.е. иметь значение значительно большее, чем 10^{-13} см, которые даются обычной теорией.

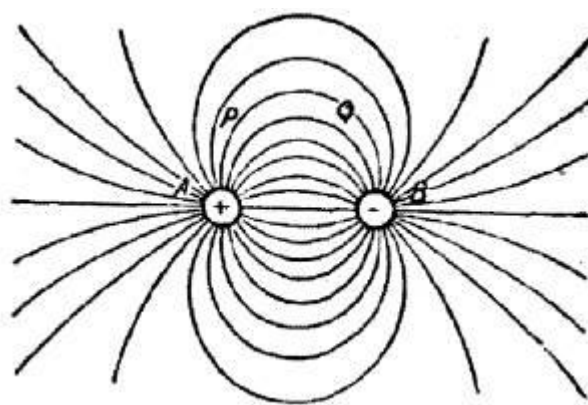
Употребляя менее быстрые электроны, можно получить большие длины волн; при этом, однако, когда длина волны станет больше диаметра сверхдиспергирующей области интерференционная картина должна будет сделаться размытой. Опыт показал, что резкие очертания у колец пропадают только тогда, когда скорость электронов делается значительно меньше, чем 10^{10} см/с, а длина волны значительно больше, чем 10^{-9} см. Возможно, однако, что на это размывание интерференции влияют и побочные причины.

Хорошо очерченные кольца получаются при длинах волн в 10^{-9} см следовательно, диаметр сверхдиспергирующей области во всяком случае не меньше этой величины. Этот факт вполне может быть согласован со свойствами электрона, так как нельзя забывать, что частота электронных волн весьма велика и что диспергирующая способность электрона проявляется только по отношению к очень быстрым колебаниям. По отношению же к более низким частотам, сверхдиспергирующая область может вести себя как нормальный эфир и, следовательно, не быть обнаруженной. Таким образом, вовсе неудивительно, что изучение электронных волн дает для размеров электрона более высокое значение, чем другие методы [9, с. 584–585].

Этих фрагментов, по-видимому, достаточно для первого знакомства с докладом Дж.Дж. Томсона. Кто желает, может прочесть полный текст доклада [За пределами электрона](#), который размещен на нашем сайте. Правда, для ознакомления с *математическими добавлениями А и В*, придется обратиться непосредственно к источнику [9].



(а)



(б)

Рис. 7. Магнитные силовые линии магнита (а), благодаря притяжению железных опилок, становятся хорошо видимыми. Считалось, что электрические линии зарядов (б) обладают аналогичной системой упругих линий, хотя они и не могут быть так просто увидены. Однако эксперименты с электронами показали, что самый элементарный заряд, каковым является электрон, устроен иначе и не представляет собой крохотный шарик, от которого отходят «фарадеевские трубки». Оба рисунка взяты из книги Дж. Дж. Томсона [10]¹⁸

К волновым представлениям, изложенным в докладе 1928 года, Дж. Дж. Томсон пришел не сразу. Вначале он, как Фарадей и Максвелл, считал, что электрон представляет собой заряженную сферу, от которой отходят электрические силовые линии. Такое модельное представление

¹⁸ Томсон Дж.Дж. *Электричество и материя*. – М.–Л.: Государственное издательство, 1928.

возникло у физиков под влиянием виденной всеми картинки распределения магнитных силовых линий (рис. 7а). По аналогии с магнитными полюсами электрическим зарядам приписывались те же геометрические свойства (рис. 7б). Однако такой взгляд на электрон был ошибочным. После эксперимента по дифракции электронов на тонкой фольге, впервые проведенного Г.П. Томсоном, Дж.Дж. Томсон изменил свои модельные представления, причем самым радикальным образом. С его представлениями об электроне сторонники установившейся к середине XX столетия спекулятивной науки уже не согласились. До сих пор в учебниках, говоря о самых элементарных зарядах, авторы изображают картинки типа рис. 7б, отражающие модельные представления физиков-классиков конца XIX века. После прихода релятивистов конструктивная наука остановилась, хотя любому исследователю нерелятивистской ориентации понятно, что прогресс физической науки целиком связан с изменением модельных представлений. Не только Дж. Дж. Томсон, но и Максвелл, и Фарадей многократно меняли свои представления о течении электромагнитных процессов.

В 1881 году Дж.Дж. Томсон опубликовал статью «Об электрических и магнитных эффектах, произведенных движением наэлектризованных тел», которая произвела революцию в физике. В ней он доказывал, что *инерционные* свойства материи можно и нужно объяснять с *электромагнитной* точки зрения; нет *массы* иной природы, помимо *электромагнитной*. Кроме того, задолго до экспериментов Кауфмана он предсказал, что при движении с всёвозрастающей скоростью наэлектризованное тело будет вести себя так, как если бы его масса увеличивалась. Это должно происходить по тем же причинам, по которым растёт сопротивление со стороны идеальной жидкости, сквозь которую движется тело. «Другими словами, – писал Дж.Дж. Томсон, – оно [сопротивление] должно быть эквивалентным увеличению массы движущейся заряженной сферы» [3, с. 230]. Много позже, в 1903 году, в книге под многозначительным названием «Электричество и материя» автор более подробно рассказывает о проделанной им за 20 лет работе. В частности, после получения им математического выражения для массы он написал:

«Это очень важный результат, так как он показывает, что часть массы заряженной сферы обязана своим происхождением ее заряду. Позже я предложу вам соображения, которые показывают возможность того, что вся масса тела имеет такое же происхождение» [10, с. 21].

Вот она теория «Великого Объединения» гравитационных и электромагнитных сил, о которой так долго твердили релятивисты! В теории относительности при отсутствии эфирной среды рост массы представляется чудом, которое вытекает из манипуляций формулами. Если томсоновская идея 1881 года еще не заслуживала называться полноценной теорией, то уж, во всяком случае, его подход к решению данной проблемы нужно признать абсолютно верным. Нет иного пути создания теории, объединяющей электромагнитные и гравитационные силы кроме моделирования на уровне общей для них мировой среды. Слепая манипуляция формулами здесь ни к чему не приведет.

В 1881 году Дж.Дж. Томсон вывел формулу массы m для сферы радиусом a , которая несет на себе заряд e : $m = (4/15)e^2/ac^2$. Как видим, в данную формулу помимо указанных величин входит квадрат скорости света. Если это математическое выражение представить чуть-чуть иначе, а именно:

$$E = mc^2 = (4/15)e^2/a,$$

то читатель легко узнает в ней знаменитую «эйнштейновскую» формулу, которой Дж.Дж. Томсон воспринимал настолько естественно, что не считал ее какой-то особенной. С самого начала он прекрасно осознавал, что коль скоро вся имеющаяся в природе масса имеет электромагнитное происхождение, то, разумеется, при определенных условиях некоторый объем вещества может переходить в электромагнитное излучение – это логическое следствие его понимания, как он тогда говорил, *индуцированной* массы. В цитируемой нами книге 1903 года он писал:

Следует отметить тот факт, что электростатическая энергия E в единице объема пропорциональна M – массе связанного эфира в этом объеме... E равно кинетической энергии, которой обладает связанная масса, движущаяся со скоростью света... Так как масса эфира, захватываемого фарадеевской трубкой, пропорциональна N , числу фарадеевских трубок в единице объема, то отсюда видно, что масса и количество движения фарадеевской трубки зависит не только от очертания и скорости рассматриваемой трубки, но и от числа и скорости соседних фарадеевских трубок [10, с. 33].

В 1881 году Дж.Дж. Томсон еще не знал, как именно электромагнитная масса m зависит от скорости v перемещения сферы в неподвижном эфире, хотя и сделал кое-какие прикидки по увеличению массы Земли при ее движении на орбите вокруг Солнца. В первых расчетах у него получилась величина, равная 700 тыс. тонн, относительно которой он заметил: «масса совершенно незначительная по сравнению с массой Земли» [3,¹⁹ с. 234]. Он также еще не догадывался об изменении геометрии элементарного заряда и связанных с ним силовых трубок Фарадея. В 1889 году Оливер Хевисайд, заинтересовавшись работами Дж. Дж. Томсона написал статью, в которой показал, что фарадеевские трубки, равномерно распределенные по поверхности наэлектризованной сферы должны сдвигаться в определенном направлении. Известно, что опавший с дерева лист летит максимальной площадью по направлению падения, испытывая при этом максимальное сопротивление воздуха. При движении заряженной сферы фарадеевские трубки тоже располагаются таким образом, чтобы создать максимальное сопротивление движению. Это приводит к двум вещам: во-первых, к сокращению эффективных размеров связанной массы по направлению движения (впоследствии это сокращение назовут фицджеральдовским или лоренцевым) и, во-вторых, за счет увеличения сопротивления, – к росту массы движущейся сферы. В своей работе Хевисайд вывел также формулу, аналогичную формуле Дж. Дж. Томсона, только вместо коэффициента $4/15$ он получил коэффициент $2/3$.

Процитируем фрагмент из книги «Электричество и материя», точнее, из параграфа под названием «Влияние скорости на связанную массу», где автор описывает данное явление с количественной точки зрения.

«Было доказано (...) – здесь Дж.Дж. Томсон дает ссылку на работу Хевисайда, – что в результате движения сферы каждая фарадеевская трубка смещается по направлению к экваториальной плоскости, т.е. плоскости, проходящей через центр сферы и перпендикулярной к направлению движения. При этом смещение происходит таким образом, чтобы проекция трубки на эту плоскость оставалась такою же, как при равномерном распределении трубок, а расстояние каждой точки трубки от экваториальной уменьшилось в отношении $(V^2 - v^2)^{1/2}$ к V , где V – скорость распространения света, а v – скорость движения заряженного тела. Этот результат показывает, что только в том случае изменение и распределение фарадеевских трубок, вызванное движением тела, делается заметным, когда скорость движения заряженного тела сравнима со скоростью света.

В работе (...) я подсчитал количество движения J в пространстве, окружающем сферу радиуса a , центр которой находится на движущемся заряженном теле, и показал, что J дается следующим выражением:

$$J = \frac{e^2}{2a} \frac{V^2}{\sqrt{V^2 - v^2}} F \quad \gg [10, \text{с. 35}].$$

Функцией F здесь обозначено громоздкое выражение, которое впоследствии утратило свое значение. Однако данная формула, в принципе, показывает верное изменение массы в зависимости от изменения относительной скорости β движущегося тела, которое в привычных обозначениях записывается как

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

Работы Дж.Дж. Томсона, О. Хевисайда и Г. Фицджеральда, проживавших в островной части Европы, горячо поддержали физики континентальной Европы. В 1897 году Л. Больцман, сориентированный на Англию больше других физиков, заметил в своих «Лекциях по принципам механики», что раньше физики стремились через механику объяснять все прочие явления, теперь было взято противоположное направление: через электромагнетизм нужно было попытаться объяснить механические понятия, каковыми является масса, инерция, сила, количество движения и энергия. В 1900 году В. Вин высказал аналогичное мнение, простирающиеся еще дальше: электромагнитные уравнения, писал он, должны стать основой для вывода уравнений механики.

¹⁹ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН 171 109 (2001). **В.Э.:** Видимо, ошибка в указании источника.

Для В. Кауфмана такое направление конструктивной мысли послужило толчком для проведения серии экспериментов, которые блестяще подтвердили правильность методологической установки, впервые сформулированной Дж.Дж. Томсоном. После получения Кауфманом эмпирического массива моделированием электронов и окружающей их мировой среды были заняты практически все известные физики-теоретики тогдашней Европы. В первых рядах стояли Г. Лоренц, М. Абрагам, А. Зоммерфельд, критиковавшие чужие формулы и предлагавшие свои для продольной и поперечной массы электрона, который отныне при своем движении увеличивал массу и терял сферическую форму, превращаясь в эллипсоид. Имея на руках числовые данные опыта, можно было корректно судить, какие математические выражения и, соответственно, какая модель электрона и среды более точно отражает физическую реальность.

Таким образом, островная Европа, как в старые добрые времена, опять стала диктовать правила высокого научного тона для континентальной Европы, которая еще не совсем освоилась с уравнениями Максвелла. Но вот всё тот же неутомимый исследователь, Дж.Дж. Томсон, столкнулся с волновыми свойствами электрона. Значит, решил он, электрон не является крохотной сферой с отходящими от нее фарадеевскими трубками; это несовместимо с волнами, распространяющимися в эфире. По-видимому, элементарный заряд представляет собой какой-то более мудрёный объект, чем думали о нем Фарадей, Максвелл и, после них, все остальные физики Европы. Вести о волновых свойствах электрона мгновенно распространились в ученом мире. Физики-экспериментаторы взялись за дело и поставили еще несколько любопытных опытов, в которых электрон вел себя то как частица, то как волна. Самым удивительным среди них был опыт, поставленный Артуром Комптоном в 1922 году. Он обнаружил, что частота рассеянных в веществе рентгеновских лучей иная, чем исходных лучей. Это довольно просто можно было объяснить, пользуясь корпускулярной моделью. Если представить рентгеновские лучи потоком фотонов, то их рассеяние на шарообразных электронах можно было описывать законами сохранения энергии и импульса, справедливыми для бильярдных шаров. Так до сих пор по уравнениям сохранения рассчитывается энергия электрона отдачи и так называемая комптоновская длина волны.

В целом физика на рубеже веков развивалась успешно. Возникали, конечно, на ее пути большие и малые трудности, в том числе и те, что указаны выше, но говорить о застое науки не приходилось. Однако в континентальной Европе медленно, но верно зрела реакция на передовые воззрения островной Европы. В среде влиятельных физиков Австрии, Германии, Голландии и Франции, склонных к формалистским и спекулятивным приемам анализа физических ситуаций, всё больше и больше росло недовольство конструктивными методами англичан. В общем, борьба между формалистами и конструктивистами не прекращалась ни на день, лишь временами она слегка затухала, чтобы через какое-то время вспыхнуть с новой силой. Так, например, конструктивист Фарадей столкнулся с враждебными настроениями, идущими со стороны формалистов Ампера и Вебера. То, что магнитная стрелка отклоняется под действием электрического тока, Эрстед убедился еще в 1820 году. Физики Европы, естественно, предположили обратное: магнитное поле должно вызывать электрический ток. Однако многолетние усилия экспериментаторов ни к чему не привели. В 1825 году Ампер громогласно объявил, что искомой связи не существует и ставить эксперименты для ее обнаружения затея совершенно безнадежная.

Но Фарадей продолжал искать, пока, наконец, в 1831 году не открыл явление электромагнитной индукции. Академические ученые континентальной Европы откровенно презирали пространственно-механические конструкции, зарождавшиеся в голове нищего переплетчика и сторожа лаборатории, который к тому же абсолютно не разбирался в математике. Однако Максвелл увидел в этом скромном человеке гениального физика и решил все его идеи облечь в математическую форму. История науки не знает более успешного тандема двух ученых, которые встречались лишь однажды, причем о физике не сказали ни слова. И вот новая удача для мировой науки: в личности Дж.Дж. Томсона удивительным образом соединился талант дотошного экспериментатора Фарадея и скрупулезного теоретика Максвелла. Если бы формалисты еще при его жизни не пришли к власти и не подмяли под себя всех конструктивно думающих ученых, то он бы сейчас встал вровень с Архимедом, Коперником и Декартом.

В данной работе не ставится задача в полном объеме рассказать эпопею по взятию власти релятивистами. В общем, из истории науки известна гибельная роль философствующих физиков Маха и Пуанкаре, формалистские «перегибы», наблюдавшиеся в работах Лоренца и Минковского, которые, однако, к концу 1920-х годов уже сошли с арены мировой науки. Кроме того, как мы знаем, появились новые проблемы, требующие своего особого решения, и среди них

проблема дуализма электрона стояла на первом месте. Нельзя сказать, что противоречивая ситуация с электроном в середине 1920-х годов была какой-то из ряда вон выходящей. Дж.Дж. Томсон, как мы знаем, уже стоял на пути ее разрешения. Но, как это часто бывает в переходные эпохи, формалистская группировка воспользовались моментом, объявила кризис конструктивной стратегии, наплодившей, как ей показалось, множество бесполезных моделей, и насильственными методами свергла власть конструктивистов.

В короткий исторический период между 1920 и 1930 годом судьбу науки решала небольшая генерация молодых физиков во главе с Нильсом Бором, Вернером Гейзенбергом и Максом Борном. Ошибочной эпистемологической позиции последнего посвящен большой раздел: [Борн – тотальный релятивист](#). Там приведены фрагменты из пятой главы «Символ и реальность» книги Борна «Моя жизнь и взгляды». В 1954 году автору этой книги вручили Нобелевскую премию «за его фундаментальные работы по квантовой механике и, прежде всего, за *статистическую интерпретацию волновой функции*». Таким образом, к середине XX столетия с помощью чисто политического инструмента, каким всегда являлась Нобелевская премия, формалистам удалось окончательно закрепить победу над конструктивно мыслящими физиками, названными Борном «жалкими глупцами», ограничивающими свободу творчества.



Макс Борн

Представлять электрон математической точкой – значит, бежать от физики в область умозрительной схоластики. Однако те, кто сегодня пользуется подобной техникой спекуляций, считается настоящим ученым, те же, кто апеллирует к чертежам и наглядным образам, ученым не считается (скорее, даже, наоборот, врагом науки, поскольку он подрывает устои). Вот почему не следует в скором будущем ожидать принятия правильной формулы Доплера: все вышеприведенные доказательства будут, скорее всего, проигнорированы официальной наукой. Они просто не будут восприняты современной корпорацией ученых, члены которой (а) за длительный период селекции отучились конструктивно думать пространственно-механическими категориями, и (б) не нуждаются в правильных формулах, так как вполне довольствуются договоренностями, установленными более века назад. Нужно не забывать, что Российская Академия (как, очевидно, и другие академии) – это своеобразная церковь. Истина может лишь подорвать установившуюся в ней власть и высокий социальный статус нынешних чиновников, которые в основном заняты дележом денег и чинов. Если даже кому-то из академических чиновников понравится точная формула (4) и он захочет поместить ее в официальный учебник, то академическая церковь тут же без большого шума придаст его анафеме, и всё останется по-старому.

Эффект Дьявола

В свете вышеизложенного будет уместно познакомить нашего читателя не с эффектом божественной природы, а с *эффектом Дьявола*, который поселился в обществе людей и постоянно сбивает их с толку, не давая познать законы, установленные природой. С этой целью мы обратимся к докладу Лауреата НП, прочитанного в 1996 году по случаю присуждения ему Большой золотой медали. Выбранная им тема – «Излучение равномерно движущихся источников», т.е. об эффекте Вавилова–Черенкова – была особенно дорога его сердцу. Сама проблема подробно анализировалась выше, сейчас мы обратим внимание читателя на один эмоциональный штрих.

«Люблю я проблематику, связанную с излучением равномерно движущихся источников, вероятно, потому, – поясняет Лауреат НП, что с ней связаны мои первые научные результаты, да и было это в молодости». Это – первая причина. «Вторая причина, обусловившая выбор темы доклада, – добавляет лауреат, – заключается в том, что излучение равномерно движущихся источников – это, буквально, российская и к тому же академическая тема» [2,²⁰ с. 1033].

Лауреат НП использовал так называемый гамильтоновский метод, который

²⁰ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

«нагляден и технически прост. Характер настоящего доклада, – сказал по этому поводу Лауреат НП, – позволяет мне заметить здесь, что именно эта простота, с которой я случайно столкнулся, побудила меня заняться теоретической физикой (окончил же я МГУ в 1938 г. как оптик-экспериментатор и считал, что теоретиком мне становиться не следует в связи с недостаточными математическими способностями) [2, с. 1036].

Напомним, в своем докладе Лауреат НП доказывает, что «в вакууме равномерно движущийся заряд не излучает» [2, с. 1036], в среде же может иметь место излучение Вавилова–Черенкова, когда скорость движения заряда больше скорости распространения света в среде ($\beta > 1$). Для решения вопроса, почему излучения нет при $\beta < 1$, Лауреат НП создал специальную квантовую теорию, носящую теперь его имя, но которую трудно назвать научной. При ее создании он показал чрезвычайно низкую культуру научного мышления. Суждения его неаккуратны и, в принципе, ничего не доказывают. Причину такого исхода нужно искать в личности автора, к ознакомлению с которой мы тут же приступаем. Далее будет видно, что Лауреат НП и не мог создать математически строгую теорию.

* * *

В своем жизнеописании Гинзбург писал:

«Меня родители (точнее, отец и тетя) послали почему-то только в 4-й класс, так что я учился в школе вообще лишь 4 года. Программы современной я не знаю, и, может быть, было и не так уж плохо. Но отсутствие соответствующей «учебной» атмосферы, и в семье в частности, в общем, оставило у меня впечатление, что получил я от школы мало» [6,²¹ 1138].

Об этом же, но уже чуть более подробно, Лауреат НП рассказывает в своей автобиографии, отосланной им в Нобелевский комитет, цитирую:

«...Меня послали в школу только в 11 лет (в 1927 г. я поступил в 4-й класс)... Это была бывшая французская гимназия... В 1931 г., как раз когда я окончил 7 классов, в СССР произошла очередная школьная реформа, и полная средняя школа была упразднена... После 7 классов полагалось поступать в фабрично-заводское училище (ФЗУ), где готовили, по идее, квалифицированных рабочих... [но] поступать в ФЗУ мне совсем не хотелось. Некоторое время оставался каким-то неприкаянным и несчастливым 15-летним мальчиком. ... В 1931 г. ... я устроился лаборантом в рентгеновской лаборатории технического ВУЗа...

То, что я приобрел в лаборатории, это не столько какие-то конкретные знания, сколько вкус к работе, к физике, изобретательству. Помню еще, что с интересом читал книгу О.Д. Хвольсона «Физика наших дней» – редкое тогда популярное сочинение о достижениях физики. Так или иначе, решил стать физиком, тем более, что никаких талантов у меня не было. К физике же был, по крайней мере, интерес.

Итак, решил поступать на физический факультет Московского госуниверситета (МГУ). А тут как раз с 1933 г. стало возможным поступать в МГУ по открытому конкурсу... Но для поступления в Университет нужно было пройти полный курс средней школы, а я ведь окончил лишь 7 классов [правильнее сказать, 4 класса, а не 7]. Вот и пришлось мне за месяца три овладеть (частично с учителем) знаниями, которые изучают в старших классах. Пишу об этом довольно подробно потому, что всю жизнь жалею о том, что не получил нормального среднего образования. И хочу предостеречь тех, кто думает, что на школьную премудрость не стоит тратить много лет. Действительно, хотя у меня, как я убежден, не более чем средние способности, я за три месяца «прошел» программу трех школьных лет. Но какой ценой? Цена, прежде всего, в отсутствии автоматизма в элементарной математике и орфографии даже русского языка. Конкретно, если бы в школе я решил, например, 100 каких-то задач по алгебре, тригонометрии и т.д., то сам решил их, скажем, лишь 10. Зачем решать много задач, если не требуют? А такое тянет за собой и отсутствие навыков при дальнейшем изучении математики. С орфографией то же самое... Не знаю я и языков, хотя, конечно, потом пришлось овладеть английским языком, да и то лишь в пределах, необходимых для занятий физикой...

На вступительных экзаменах на физфак МГУ в 1933 г. я ни на чем не провалился, но в целом сдал без блеска. В результате меня в университет не приняли... Поэтому я поступил на заочное отделение, что оказалось возможным. И опять меня ударило по больному месту. В 1934 г. мне удалось перевестись на очное отделение, на второй курс, т.е. я догнал своих товарищей и стал учиться, как все. Но узнал, насколько богаче и ярче была их жизнь при наличии всяких факультативных курсов и т.д. Я уже не говорю о том, что каким-то образом так и не познакомился с

²¹ Гинзбург В.Л. *Как я стал физиком-теоретиком и вообще о себе...* УФН 171 1138 (2001).

курсами астрономии и химии, которые не пришлось проходить заочно и как-то не был обязан «сдавать» при переходе на очное отделение...

Начиная со второго курса, я хорошо учился и, так сказать, с удовольствием. Мне нравилась теоретическая физика, но я считал и считаю, что способности к математике у меня в лучшем случае средние, а тут еще решал задачи и вычислял с трудом (см. выше). В то же время считалось и, в общем, справедливо, что физик-теоретик должен быть в ладах с математикой. Коротко говоря, в силу сказанного, когда в конце третьего курса или начале четвертого (уж теперь и не помню когда) нужно было выбрать специализацию, я не решился пойти в теоретики и выбрал оптическую специальность...

В общем, пользуясь так называемым гамильтоновским методом, я смог выяснить некоторые вопросы и решить ряд электродинамических задач как в вакууме, так и при движении зарядов в среде, например, задачу об излучении Вавилова–Черенкова при движении заряда в кристаллах. Никакой сложной математики мне при этом не понадобилось. Конечно, я обнаружил давно известное: как ни близки физика с математикой, их связь бывает самой различной и, в частности, можно успешно заниматься теоретической физикой, используя лишь весьма скромный математический аппарат, скажем, не выходящий за пределы излагаемого на физических факультетах. Другое дело, что в некоторых случаях физики-теоретики пользуются и самой сложной современной математикой, и развивают ее.

Итак, я понял, что могу работать, получать результаты, придумывать новые возможности. Всё это доставляет большую радость, это счастье. И я много работал, сделал диссертацию... практически за год, а в 1940 г. ее защитил. Таким образом, я окончил аспирантуру на физфаке МГУ за два года вместо положенных трех; это там был, кажется, первый такой случай. Меня хотели оставить в Институте физики МГУ в каком-то качестве, но атмосфера там была плохая, и к великому счастью, с 1 сентября 1940 г. я стал докторантом ФИАНа... В аспирантуре моим руководителем числился Г. Ландсберг, поскольку предполагалось, что я буду заниматься оптикой. Но он благородно не мешал мне заниматься совсем другим. А в докторантуре моим куратором считался И. Тамм, тоже не мешавший заниматься, чем хочу. И в общем – это стиль, присущий физикам-теоретикам СССР и России, во всяком случае, во многих местах и, несомненно, в ФИАНе» [взято с *ufn.ru*].

Можно называть себя «физиком-теоретиком», добиться высокого карьерного роста, академического звания и даже Нобелевской медали, но, по сути, оставаться недоучкой, некомпетентным физиком. Лауреат НП блестяще продемонстрировал эту возможность. Подобное верхоглядство присуще многим релятивистам, иначе они не были бы приверженцами спекулятивного учения. Откровенное описание Гинзбургом своих математических «танцов» мало чем отличается от аналогичного описания, сделанного отцом-основателем релятивистской догмы относительно своих математических способностей. Альберт Эйнштейн в своей автобиографии 1955 года сообщает:

... Высшая математика еще мало интересовала меня в студенческие годы. Мне ошибочно казалось, что это настолько разветвленная область, что можно легко растратить всю свою энергию в далекой провинции, к тому же по своей наивности я считал, что для физики достаточно твердо усвоить элементарные математические понятия и иметь их готовыми для применения, а остальное состоит в бесполезных для физики тонкостях, – заблуждение, которое только позднее я с сожалением осознал. У меня, очевидно, не хватало математических способностей, чтобы отличить центральное и фундаментальное от периферийного и не принципиально важного...

Я жаждал глубоких знаний, но обучение не казалось мне легкой задачей: я был мало приспособлен к заучиванию и обладал плохой памятью. С чувством вполне обоснованной неуверенности я явился на вступительный экзамен на инженерное отделение. Экзамен показал мне прискорбную недостаточность моей подготовки, несмотря на то, что экзаменаторы были снисходительны и полны сочувствия. Я понимал, что мой провал был вполне оправдан. 1896–1900 гг. – обучение на отделении преподавателей специальных дисциплин швейцарского политехникума. Вскоре я заметил, что довольствуюсь ролью посредственного студента. Для того, чтобы быть хорошим студентом, нужно обладать легкостью восприятия; готовностью сконцентрировать свои силы на всем том, что читается на лекциях; любовью к порядку, чтобы записывать и затем добросовестно обрабатывать преподносимое на лекциях. Всех этих качеств мне основательно не доставало, как я с сожалением установил. Так постепенно я научился ладить с не совсем чистой совестью и организовывать свое учение так, как это соответствовало моему интеллектуальному желудку и моим интересам. Некоторые лекции я слушал с большим интересом. Но обыкновенно я много «прогуливал»... [7, ²² т. 4, с. 351].

²² Эйнштейн А. *Собрание научных трудов в 4-х.* – М., 1965.

Примерно то же самое он писал в «Автобиографических заметках» 1949 г., правда, куда менее откровенно.

Там [в Политехникуме], – пишет Эйнштейн, – у меня были прекрасные преподаватели (например, Гурвиц и Минковский), так что, собственно говоря, я мог бы получить солидное математическое образование. Я же большую часть времени работал в физической лаборатории, увлеченный непосредственным соприкосновением с опытом [7. т. 4, с. 264].

Квалифицированный преподаватель математики, физики или просто знающий жизнь человек скажет вам, что ребенок, своевременно не получивший необходимых навыков по точным наукам, никогда в будущем не приобретет упущенных знаний. Его лексикон может стать богатым на различного рода научные словечки, он натренируется манипулировать формулами, но его мышление навсегда останется непоследовательным, склонным к необоснованным фантазиям и неспособным к выдвижению продуктивных идей. Эйнштейн, Гинзбург и бесчисленное множество других релятивистов усвоили два–три десятка схоластических терминов и примерно такое же количество алхимических формул, которыми они постоянно оперируют и ни за какие коврижки не откажутся от них, так как считают их священными. Выводить и понимать другие физико-математические выражения они не в состоянии.

В результате деятельности этой огромной группы спекулянтов в мировом сообществе возник корпоративно-религиозный орден святого Эйнштейна. Первосвященники этой церкви всячески препятствуют всему тому, что может поколебать авторитет великого гуру. Влиятельные служители культа верховного божества окружают себя нисходящим каскадом жрецов – хранителей культа местных божков. У нас в России это Гинзбург, который начал исповедовать религию релятивизма еще до второй мировой войны. Все священные культы функционируют примерно по одним и тем же канонам, которые распространяются и на Гинзбурга.

Хочу напомнить, при выборе темы доклада 1996 года Гинзбург, как мы читали, назвал две причины, которые еще понять можно. Но позвольте спросить, какая причина заставила главного редактора журнала «Успехи физических наук» текст доклада, опубликованного в октябрьском номере за 1996 год, опубликовать его еще раз ровно через пять лет в октябре 2001 года [3]²³. И это притом, что на данную тему, начиная 1940 года, им уже было опубликовано добрая дюжина статей.

Не ждите сенсаций, дорогой читатель, причина дублирования указанной статьи и нескольких других до боли знакома всякому россиянину и связана она с банальным культом личности главного редактора УФН. Редакционная коллегия в составе:

М.С. АКСЕНТЬЕВА (ответственный секретарь), В.С. БЕСКИН, В.Б. БРАГИНСКИЙ, Л.П. ГРИЩУК, Ю.В. ГУЛЯЕВ, И.М. ДРЕМИН (зам. главного редактора), Г.Р. ИВАНИЦКИЙ, А.А. КАПЛЯНСКИЙ, Г.Н. КУЛИПАНОВ, Л.Б. ОКУНЬ, Л.П. ПИТАЕВСКИЙ (зам. главного редактора), В.И. РИТУС, В.А. РУБАКОВ, О.В. РУДЕНКО, Б.М. СМЕРНОВ (зам. главного редактора), В.Д. ШАФРАНОВ

из неистребимого чувства раболепия решила преподнести бесценный подарок своему шефу и отпечатать его особо «гениальные» сочинения еще раз в журнале, который теперь впору назвать «Успехи Виталия Лазаревича». Эта форма подхалимства выглядит так глупо, что просто диву даешься. Ведь достаточно было привести ссылки на «нетленные» произведения Лауреата НП и каждый желающий мог бы зайти в Интернет на сайт *ufn.ru*, чтобы еще раз насладиться чтением «высоконаучных» текстов. Кстати, список трудов юбиляра в юбилейном номере приводится – этим надо было и ограничиться, но нет, нашим академикам обязательно нужно опозориться на весь мир.

По-доброму, что могла бы сделать редакционная коллегия для своего горячо любимого руководителя. Если уж статьи Гинзбурга так хороши, пусть бы кто-нибудь из его угодников рассказал нам, темным людям, чем именно прекрасны его научные открытия, т.е. взял да прокомментировал их содержание и ткнул пальцем на особо яркие перлы гинзбургских идей. Вместо этого коллегия прислужников культа написала следующее велеречивое напоминание:

²³ Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН 171 109 (2001).

4 октября 2001 года исполняется 85 лет со дня рождения выдающегося физика-теоретика Виталия Лазаревича Гинзбурга.

Вклад В.Л. Гинзбурга в науку и жизнь общества XX и XXI столетий исключительно велик. Он оценен высокими мировыми научными премиями, званиями и государственными наградами. Научные интересы В.Л. Гинзбурга охватывают многие разделы физики. Им были опубликованы фундаментальные работы по теории сверхпроводимости, сверхтекучести, сегнетоэлектричества, теории эффекта Вавилова–Черенкова и переходного излучения, радиоастрономии и происхождении космических лучей, проведены важные прикладные исследования.

Журнал «Успехи физических наук» по праву гордится тем, что Виталий Лазаревич как автор избрал именно журнал УФН для опубликования 99-ти статей по этим (и другим) разделам физики.

Поэтому, отмечая 85-летний юбилей Виталия Лазаревича, мы решили предложить вниманию читателей подборку опубликованных ранее в УФН, наиболее обобщающих статей В.Л. Гинзбурга по тем областям физики, в которых, по мнению самого В.Л. «... я сделал довольно много» (см. публикуемый в этом же номере очерк В.Л. Гинзбурга «Как я стал физиком-теоретиком и вообще о себе...», с. 1137). Волею случая новая – 100-я в УФН статья В.Л. Гинзбурга – также публикуется в этом дважды юбилейном номере (с. 1123).

Кроме того, как главный редактор журнала УФН В.Л. выступил со многими интересными новациями в журнале. Так, по его инициативе появилась рубрика «Новости физики в сети Интернет», возродилась рубрика «Новые книги по физике и смежным наукам», была предложена рубрика «Трибуна УФН», помещенная первоначально только на сервере журнала УФН. В электронной версии этой рубрики были «для затравки» помещены статьи В.Л., касающиеся истории, философии, религии, жизни общества, – темам, которые наверняка будут небезынтересны читателям УФН. В этом номере мы впервые в печатной версии публикуем статьи в рубрике «Трибуна УФН», явившиеся откликом в Интернете на статью В.Л. Гинзбурга «Разум и вера» (также публикуемой в этом номере).

В этом юбилейном номере помещены исторические, биографические и библиографические статьи, связанные с именем В.Л. Гинзбурга.

Коллектив журнала УФН надеется, что данная юбилейная подборка с одной стороны будет интересна читателям, а с другой стороны рассматривает этот выпуск как дань уважения юбиляру и желает В.Л. Гинзбургу многих новых свершений!

* * *

Лауреат НП любит нашему глубоко православному народу лишний раз напомнить, что Бога нет. Мало ему телевизионной и газетной трибуны, ему нужно еще открыть трибуну в журнале «Успехи физических наук» и достижениями физики опровергать существование Высшей Личности. Как по заказу, именно в этом юбилейном номере, почти целиком посвященном чествованию почетного антиклерикала, была опубликована сугубо клерикальная статья В.М. Липунова «Научно открываем Бога». Эта работа в 1995 году была напечатана в журнале «Земля и Вселенная» (№ 1, 37), чуть позже, в журнале «Юность» и еще позже, в 2001 году, перепечатана в УФН. Романтика и наука! – Весьма характерное сочетание для нынешнего безвременья, поэтому хочу немного задержаться на этой статье.

В начале своего вдохновенно написанного текста автор обращается к шлягерам попсовой физики:

Я попытаюсь говорить о важнейшей проблеме современного естествознания, – проблеме, несомненно не менее важной, чем открытие черных дыр, создание теории великого объединения (ТВО) или создание искусственного интеллекта. Более того, на мой взгляд, она не только глубже и сложнее, но и несравненно актуальнее. Действительно: если под актуальностью понимать наличие некоего необъясненного явления, противоречащего существующим научным взглядам, то решение перечисленных выше сверхмодных (без всякой иронии) проблем в настоящий момент не обусловлено (и судя по всему, в обозримом будущем не будут вызваны) жесткой экспериментальной необходимостью. Сейчас, по крайней мере в физике (от физики низких температур до астрофизики), нет ни одного экспериментального факта, требующего создания теории великого объединения. Нет своего опыта, аналогичного опыту Майкельсона–Морли, потребовавшего нового представления о пространстве и времени. Такой эксперимент не скоро появится... [8, ²⁴ с. 1157].

Анализируя содержание современных дао- и дзен-теорий, Липунов обременяет свой старческий разум непосильной проблемой поиска *внеземного разума*, модной в годы его юности. Но вот он написал с заглавных букв слова *Внеземной Разум*, и мы тотчас понимаем, какой

²⁴ Липунов В.М. *Научно открываем Бога*. УФН 171 1155 (2001).

астральный смысл он вкладывает в это прозаическое словосочетание, писавшееся в 1960-е годы, конечно же, с маленьких букв. Потом Липунов вспоминал Шкловского и Циолковского пока, наконец, не закончил Святым Эйнштейном, который в 1952 году написал рабу божьему Соловину:

...Упорядочение, вносимое, например, ньютоновской теорией гравитации, носит совсем иной характер. Хотя аксиомы этой теории и созданы человеком, успех этого предприятия предполагает существенную упорядоченность объективного мира, ожидать которую априори у нас нет никаких оснований. В этом и состоит «чудо», и чем дальше развиваются наши знания, тем волшебнее оно становится. Позитивисты и профессиональные атеисты видят в этом уязвимое место, ибо они чувствуют себя счастливыми от сознания, что им не только удалось с успехом изгнать бога из этого мира, но и «лишить этот мир чудес». *Любопытно, что мы должны довольствоваться признанием «чуда», ибо законных путей, чтобы выйти из положения, у нас нет.* (Курсив мой. – В.Л.) Я должен это особенно подчеркнуть, чтобы Вы не подумали, будто я, ослабев к старости, стал жертвой попов».

Типичное для верующих онтологическое доказательство присутствия в нашем мире Высшего Существа. Во все времена теологи нам говорили: «Ну, посмотрите вокруг, как всё великолепно устроено! Разве это восхитительное мироздание могло возникнуть без вмешательства Магической Силы?» Аргументация Блаженного Альберта до тошноты банальна, но Липунову она приглянулась. Особенно поразило его возбужденное воображение две вещи:

Первое – признание существования настоящего «Космического Чуда», и второе – несомненное понимание того, что из этого немедленно должно последовать признание существования Бога, но сделать это, конечно, нельзя, чтобы не стать "жертвой попов". Но и нельзя одновременно признать бесконечную сложность мира и успешную его познаваемость (т.е. фактически само существование разума в бесконечно сложном мире) и не признать при этом существование *Сверхразума – научно открываемого Бога* [8, с. 1160].

Есть! Липунову удалось поймать Бога за бороду. Дальше разум его помутнел и посиневшими губами он пробормотал:

Что есть научно открываемый Бог, или Сверхразум, и что есть будущая наука о бесконечно сложном Мире? Может ли вообще человеческий разум создать хотя бы примитивную модель, теорию, концепцию бесконечно сложного, непознаваемого по частям объекта? В рамках современной науки – вряд ли... Сам математический аппарат, с которым имеет дело современная физика, основан изначально на цифровом пастушьем опыте чисел – стадо баранов может быть расчленено на отдельные особи и посчитано. (Приходится только опять удивиться, как при этом мелком багаже науке удалось проникнуть в глубинные тайны Вселенной и атомов?) В нем, классическом научном методе, изначально заложен прогрессистский подход от простого к сложному. В этом и состоит смысл современной науки – «объяснить». Но в человеческом лексиконе есть еще два важных слова – «понять» и «поверить». Одно из них принадлежит, скорее, искусству, и особенно литературе (она, как и наука, использует язык слов), а другое – религии. Но как совместить это всё вместе, каким образом можно придать, например, формальным математическим высказываниям этическую окраску? И как наш научно открываемый Бог, к которому неизбежно пришла современная простая наука, соотносится с Богом религиозным?

Один верующий на мой вопрос о том, как Ветхий Завет сочетается с современной оценкой возраста Вселенной в десять миллиардов лет, ответил: «Десять тысяч лет назад в течение одной рабочей недели Господь Бог создал мир, которому было десять миллиардов лет». Это звучит не только остроумно...

По-видимому, двигаться дальше можно, лишь пытаясь отвечать на необычные вопросы. Например, как соотносятся понятия добра и зла с принципом причинности? А с присутствием времени или его отсутствием? Возможны ли подтексты в научных высказываниях, двусмысленности, вероятностная интерпретация?

Одним из важнейших естественнонаучных направлений, конечно, должен быть поиск Внемного Разума [читай: Бога]. При этом нужно трезво понимать, что сам факт открытия обитаемых планетных систем хоть и интересен, но вряд ли приведет к существенному продвижению. Такое открытие сродни открытию индейцев Колумбом. Гораздо важнее не они сами как биологический вид, а их представление о Боге, о Добре и Зле.

Приехали... Можно подумать, что мы читаем не серьезный научный журнал «Успехи физических наук», а какой-то легковесный ЖЖ-текст, написанный 16-летним подростком,

потерявшимся в нашем сложном и противоречивом мире. На своем сайте (pereplet.ru) Владимир Михайлович стал оправдываться: «Я ни в коем случае не имел в виду Бога религиозного». Полно заливать! Непредвзято мыслящий читатель понимает, что атеист не озаглавил бы свои выступления: «Физические явления на *небесах*»? У автора настолько романтическое сознание, что лучше бы ему заниматься только писательским трудом (Липунов – член Союза писателей) и оставить науку. Но он – на беду российской науки – еще и профессор кафедры астрофизики и звездной астрономии МГУ. Когда литератор и астроном совмещаются в одном лице, получается искатель Внеземного Разума и Потусторонних Миров (Липунов обнаружил несколько чёрных дыр).

* * *

Недавно, просматривая УФН эпохи Гинзбурга, наткнулся на смешное извинение. Оно короткое, процитирую полностью:

В августе 2004 года в УФН (т. 175, № 8, с. 899) была опубликована статья Д.Е. Бурланкова «Тяготение и абсолютное пространство. Работы Нильса Бьёрна (1865–1909)».

Интересное историческое описание встречи Нильса Бьёрна с выдающимся норвежским математиком Софусом Ли и научной дискуссии между ними послужило основой решения о публикации этой статьи. После публикации статьи редакция передала ее в посольство Норвегии в России с просьбой прислать биографические сведения о Бьёрне и упомянутой в статье его внучке Анне Флоренс. В ответе от посольства и университета Осло сообщалось, что ни в каких официальных документах ни Бьёрн, ни Флоренс не числятся. Позднее Д.Е. Бурланков в своем письме в редакцию извинился и признался в том, что Нильс Бьёрн – персонаж вымышленный, а дискуссия между ним и Софусом Ли использована лишь как способ наглядной демонстрации точки зрения автора («мысленный эксперимент» согласно Бурланкову) на общую теорию относительности.

В литературе широко используется художественный прием, основанный на встречах и беседах вымышленных персонажей или реальных людей, живших в разные эпохи. Однако УФН – это научный журнал, и точность как научных, так и исторических фактов здесь абсолютно необходима. Во всяком случае, такие методы подачи материала требуют специального обсуждения и недвусмысленных оговорок в тексте.

Редколлегия приносит извинения читателям за публикацию статьи Д.Е. Бурланкова.

Правда, смешно? Это извинение редакция УФН назвала «Уведомление читателям» (правильнее писать «Уведомление читателей»), которое можно понять и так: «Дорогие читатели, мы не обладаем требуемой для редакторской работы квалификацией и не можем отличить правду от вымысла. Поэтому низжайше просим вас, больше не обманывать нас, простаков; присылайте, пожалуйста, тексты о событиях реальных, а не придуманных».

* * *

Эффект Дьявола – это социально-психологическое явление, связанное с переходом божественной личности в свою противоположность – личность дьявольскую. Данный эффект особенно часто дает о себе знать в сфере науки. Например, некогда авторитетный ученый, удостоившийся всяческих почестей, более не слышит колокольчика, который настойчиво звенит ему: «Динь-динь, уходи, твое время вышло». Но он окружил себе толпой лицемеров-паразитов, которые в один голос кричат: «Ты наше национальное достояние. Не уходи, еще не родился на земле человек, который мог бы тягаться с Тобой быстротою и прозорливостью ума. Ты – наш сегодняшний Эйнштейн, ученье которого переживет тысячелетия».

«Божественная личность», обманутая такой лестью, естественно, забывает, что жизнь не стоит на месте, а тем более наука. То, чему учил сто лет назад Моисей-Эйнштейн, сегодня умерло. Его спекуляции, которые, быть может, еще в конце прошлого века выглядели свежо и оригинально, в начале нынешнего сильно выцвели, покрылись слоем пыли и затянулись паутиной. «Наше национальное достояние» продолжает исповедовать старую догму. Властные институты Большого Зла, созданные под дряхлеющее «Божество», продолжают внушать несведущим: «Посмотрите, как молод душой этот Старец, как смелы и мудры его думы, как лихо Он ставит на место своих идейных противников. Разве это не свидетельствует, что наш Бог еще молод душой? Так пусть же Он продолжает указывать нам, сирым и убогим, светлый путь в Мире Непознанного».

В это самое время «Бог» превращается в сущего Дьявола. Он поселяется в Академии наук и вещает оттуда: «Кто усомнится в истинности академической науки, тот – не ученый, тому нет места в Славном Храме Науки». Он также создает специальную «Комиссию по борьбе с лженаукой». При этом всем говорит: «Лженаукой называется любое учение, противоречащее

божественному учению Святой Академии». Отныне созданная Дьяволом Святая Инквизиция карает всякого, кто посмеет усомниться в святости Антибога и учения, которое тот пестовал всю свою долгую жизнь. Члены комиссии на сто процентов уверены, что *всё верное – неново, а всё новое – неверно*. Они реально думают, что здравая научная мысль не может зародиться в «неакадемических» головах населения.

[1] Франк И.М. *Излучение Вавилова–Черенкова*. Вопросы теории. – М.: Наука, 1988.

[2] Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **166** 1033 (1996).

[3] Гинзбург В.Л. *Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова–Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)*. УФН **171** 109 (2001).

[4] Гинзбург В.Л. *Некоторые вопросы теории излучения при сверхсветовом движении в среде*. УФН **LXIX** 537 (1959).

[5] Скобельцын Д.В. *Парадоксы квантовой теории эффектов Вавилова–Черенкова и Доплера*. УФН **122** 295 (1977).

[6] Гинзбург В.Л. *Как я стал физиком-теоретиком и вообще о себе...* УФН **171** 1138 (2001).

[7] Эйнштейн А. *Собрание научных трудов в 4-х.* – М., 1965.

[8] Липунов В.М. *Научно открываем Бога*. УФН **171** 1155 (2001).

[9] Томсон Дж.Дж. *За пределами электрона*. УФН **VIII** 570 (1928).

[10] Томсон Дж.Дж. *Электричество и материя*. – М.–Л.: Государственное издательство, 1928.

Олег Акимов.

Часто задаваемые вопросы по эффекту Доплера

<http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/Doppler-F.htm>

Различные аспекты теории эффекта Доплера изложены в следующих четырех файлах (под соответствующими номерами в тексте делаются на них ссылки):

1. [О формуле, описывающей классический эффект Доплера](#)
2. [Ошибочность релятивистской формулы Доплера](#)
3. [Квантовая теория Доплер-эффекта В.Л. Гинзбурга](#)²⁵
4. [Эффект Доплера](#) («Естествознание» Лекция 4)²⁶
5. Классический эффект Доплера (см. слайды: [1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#))
6. [Использование в медицине поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы](#)²⁷

Мне казалось, что данная тема в этих четырех²⁸ файлах изложена исчерпывающе. Ведь достаточно набрать элементарную программу для MATLAB-пакета, чтобы построить волновой фронт, рассчитанный по ошибочной старой (1) и точной новой (2) формулам. Вот эта программа:

```
r = 1; b = 3/4; j=1;
for t = 0 : 0.01 : 6.28
s(j) = t;
s1(j) = b*sin(s(j));
s2(j) = (s1(j))*(s1(j));
c(j) = cos(s(j));
% формула (1):
r1(j) = r*(1 - b*c(j));
% формула (2):
r2(j) = r*(sqrt(1 - s2(j)) - b*c(j));
j = j + 1;
end
h1 = polar(s,r1);
%h1 = polar(s,r2);
set(h1);
```

Меня относительную скорость движения источника (параметр $b = 1/2, 3/4, 1, 2, 3, \dots$), можно проследить, как меняется форма волнового фронта. Формула (2) дает правильные окружности при любом значении параметра b , а формула (1) при $b > 1$ дает загугулины.

Тем не менее, школьники, студенты и преподаватели продолжают присылать мне письма, в которых просят разъяснить непонятные им места. Ниже приводится моя переписка с неким Ивановым, который задавал вопросы, возражал или делал замечания по теме эффекта Доплера. Надеюсь, что мои комментарии помогут лучше усвоить данную тему.

1-е замечание Иванова

Цитата: «Если источник звуковых или световых волн покоится относительно однородной среды, где распространяются колебания, ...» [1, абзац 1]

Важная особенность движения волн в среде – необходимость существования этой среды. При отсутствии среды волнам нет в чём [?] распространяться. Механизм образования и движения волн частиц в среде частиц совсем иной [?], чем в пространстве без среды. Поэтому формулы

²⁵ В.Э. 2012-12-15: Эти три статьи находятся в настоящем томе выше.

²⁶ В.Э. 2012-12-15: См. том {ОАКЛ-2 = МОИ № 62, стр.58}.

²⁷ В.Э. 2012-12-15: В этом томе ниже.

²⁸ В.Э. 2012-12-15: Теперь уже шесть статей; видимо, последние присоединены позже.

распространения волн в среде в общем случае не подходят для описания волн в вакууме. Например, звуковые волны в вакууме не распространяются, и формулы для них, выполняющиеся даже для достаточно малой плотности воздуха, для нулевой плотности воздуха не применимы.

1-й комментарий Акимова

Данное замечание оппонент сделал, целиком находясь на позиции релятивиста. Разве ему не понятно, что по большинству вопросов физик-релятивист принципиально расходится с физиком-классиком. Так к чему нам обыкновенная констатация своих позиций? Для моего оппонента правильнее было бы искать противоречия в рамках внутренней логики автора. А так получается, что автор должен в ответ на замечание оппонента просто обозначить свою позицию. Так вот, с точки зрения классической физики, которой придерживается автор, волны любой природы распространяются только в среде.

Почему? Да хотя бы потому, что невозможно объяснить такое широко распространенное явление, как интерференция. Оптические волны интерферируют, следовательно, свет распространяется тоже в среде (ее часто называют эфиром). Без среды нельзя объяснить и эффект Доплера, о котором речь пойдет впереди. Релятивисты так напутали с формулами, что на сегодняшний день существует несколько противоречащих друг другу математических выражений. Подробно об этом поговорим позже, но уже сейчас заметим: формулы, описывающие распространение световых возбуждений в эфире, в точности совпадают с формулами для звуковых возбуждений, распространяющихся, например, в воздухе.

Спросите: почему релятивисты отрицают мировую среду для света? Отвечаю: они – формалисты, их не интересует конкретные механизмы, моделирующие физические процессы, в том числе, явление интерференции и эффект Доплера. В частности, они не знают и знать не хотят, почему в одном месте пространства появляются светлые пятна, в другом – темные. Другими словами, они – не физики. Вместо физического осмысления той или иной ситуации, релятивисты предпочитают заниматься математическими спекуляциями, с помощью которых они пытаются подогнать новые эмпирические данные под свои догматические формулы вековой давности.

2-е замечание Иванова

Цитата: «... длина волны λ (λ – расстояние между двумя одинаковыми фазами колебаний)» [1, абзац 1]

Это просто неверное определение. Общепринятой формулировкой определения этого термина является: «Длина волны – характеристика синусоидальной (гармонической) волны, равная расстоянию между двумя ближайшими точками среды, разность фаз волны в которых равна 2π ». [Словарь по естественным наукам].

Таким образом, длина волны измеряется только в направлении распространения волны, так как расстояние между двумя произвольными точками любых синфазных поверхностей волны – величина неопределенная, в том смысле, что это расстояние зависит от разности номеров поверхностей, расстояния до источника и, естественно, координат этих точек. Но рассмотрение таких параметров в статье отсутствует. Следовательно, данным определением Вы вводите в заблуждение читателей.

Вы в своей точной формуле рассматриваете сферическую волну радиуса R . Сфера образовывается именно точками волны в одинаковой фазе. По Вашему определению получается, что длина волны может иметь размеры от 0 до $2R$, так как для измерения можно выбирать любую пару точек на этой сфере. А если рассмотреть другие сферы вокруг источника, образованные в той же фазе точками волны других периодов, то получится еще большая неопределенность в измерении длины волны.

2-й комментарий Акимова

Во-первых, из приведенного определения непосредственно не следует, что «длина волны измеряется только в направлении распространения волны». Всё, ниже сказанное после этих слов, является произвольным домысливанием моего оппонента.

Во-вторых, приведенное определение сильно заужено. Почему говорится только о гармонических колебаниях строго синусоидального вида? Синусоида предполагает равномерное вращение по кругу некой математической точки, а что если ее вращение происходит по эллипсу или по более сложной замкнутой кривой? Тогда, очевидно, колебания уже нельзя назвать

гармоническими. Но главное, в определении ничего не сказано о состоянии источника – находится ли он в покое или в движении. Что считать длиной волны, когда скорость источника превысит скорость распространения волны и возникнут ударные волны? Если источник колебаний движется со скоростью меньше скорости распространения возмущений среды, а именно такая ситуация рассматривается в начале статьи [1]²⁹, то приведенное определение уже недостаточно.

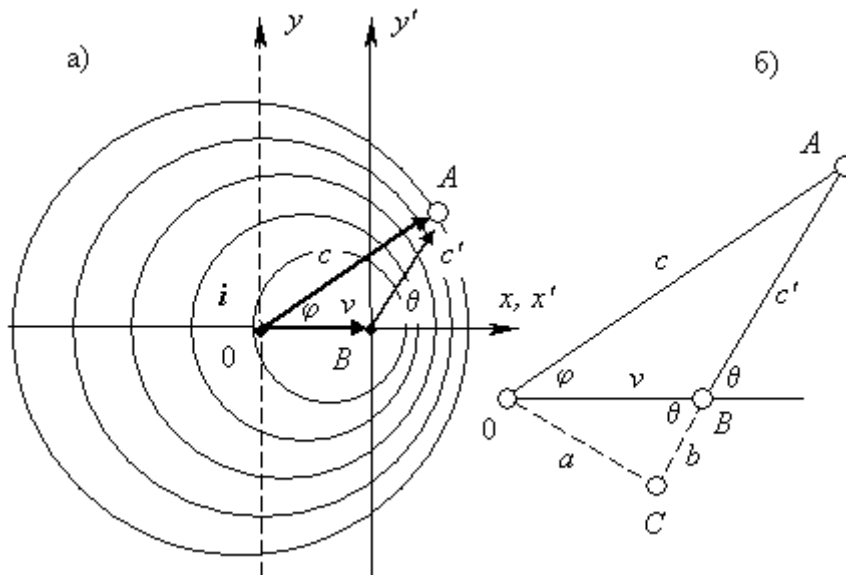


Рис. 1. Чертеж (а) представляет собой застывшее изображение процесса распространения волн при движущемся источнике колебаний (i). Пока волновой фронт, испущенный из точки 0, дойдет до точки А, источник колебаний i окажется в точке В. Чтобы найти выражения для векторной суммы векторов v и c , на чертеже (б) показан вспомогательный прямоугольный треугольник.

На рис. 1 (он взят из [1]) имеется два направления – 0А и ВА. Оппонент думает, как я предполагаю, что длина волны определяется вдоль направления 0А, где в конечной точке А волновой вектор направлен строго перпендикулярно к касательной волнового фронта. Однако на этом направлении между гребнями разные расстояния, т.е. длина волны здесь не определена. Между какими двумя гребнями считать здесь длину волны? Ведь следующий волновой фронт накатит на точку А, когда ее волновой вектор пройдет максимум и нужно будет брать его проекцию. Где одинаковые расстояния между гребнями? Только на отрезке ВА. Значит, *углом наблюдения* за перемещающимся источником, который в данный конкретный момент окажется в точке В (в точке 0 его давно нет), является угол θ , а не угол φ , т.е. угол между векторами скорости v и c .³⁰

В-третьих, мой оппонент – яркий представитель *формалистского* направления в науке. Он считает, если в словаре, изданном учреждением официальной науки, дается какое-либо определение, то вся последующая наука должна шагать в ногу с автором этого «академического» определения. Оппонент не желает схватить суть физического явления,³¹ он будет цепляться к первому непонравившемуся ему слову и изводить автора до тех пор, пока тот не умрет от его схоластики.

Как обыкновенно строится критика теорий? Выбирается что-то главное в ней, с чем не согласен оппонент, называется причина этого несогласия, а затем идет детализация и подкреп-

²⁹ В.Э.: Неизвестно, о каком источнике идет речь.

³⁰ В.Э. 2012-12-15: Ну вот, здесь как на ладони вся ошибка Акимова! Он думает, что эффектом Доплера называется изменение вот этой видимой длины волн на линии ВА! Но эффектом Доплера называется изменения той частоты, с которой волны будут приходить в точку А.

³¹ В.Э. 2012-12-15: Моя переписка с Олегом Акимовым {РОТИ-6 = МОИ № 46, стр.17} свидетельствует, что это он сам «не желает схватить суть физического явления»; он не желает понимать, что другие люди под эффектом Доплера подразумевают изменение частоты прихода волн в точку А, и только он один измеряет видимую длину на линии ВА; он не желает понять, что это две разные вещи и что бессмысленны любые споры, если мы не договорились о том, что, собственно, мы измеряем.

ление главного аргумента оппонента более мелкими доводами типа неточности определения длины волны и т.д.

Ведь очевидно, что автор не собирался приводить здесь какие-то ГОСТы на определения длины волны, периода колебаний и частоты. Он просто ввел самые общие представления о λ , T и f для ориентации читателя во всем последующем материале, чтобы, в частности, написать формулу (1) и обсудить ее справедливость. Если оппонент добивается от автора признания: «Согласитесь, ваше определение не отвечает ГОСТам», то я, автор, согласен: «Да, свое определение я дал мимоходом и, разумеется, не сверял его с принятыми в официальной науке ГОСТами».

Тем не менее, в свете вышеуказанных недостатков официально принятого определения длины волны, неприменимости его к рис. 1, я бы ничего не менял в своем более чем скромном определении λ . Единственное, что можно было бы вставить в сказанную мною фразу, так это слово «ближайшие». Термин *одинаковые фазы*, в общем, подразумевает полный цикл в 2π , но, пожалуй, соглашусь с оппонентом, лучше всё-таки сказать «между двумя ближайшими одинаковыми фазами». Такая фраза выглядит неуклюже, но точнее. И последнее, спор об угле наблюдения полностью разрешится, когда станет понятна его связь с формулой Маха (2) и явлением ударной волны. Но об этом поговорим позже.

3-е замечание Иванова

Цитата: «... Но стоит источнику колебаний сообщить движение в каком-то заданном направлении, как тут же длина волны будет меняться в зависимости от величины скорости источника и направления приёма волн...» [1, абзац 1].

Термин «Направление приема волн» – еще одна Ваша уловка. Казалось бы, очевидно, что Вы имеете в виду направление распространения волны (ведь длина волны от неподвижного источника у Вас «по всем направлениям будет одной и той же»), но далее оказывается, что нет, Приемник у Вас принимает волны совсем в другом направлении. При этом Вас не смущает, что даже от неподвижного источника принимаемая Приемником в другом направлении волна (по Вашему же определению) будет иметь длину волны, отличающуюся от полученной по стандартному определению, так как расстояние между ближайшими синфазными точками двух последовательных волн будет отличаться от расстояния между синфазными точками волн в другом направлении (под углом к направлению на то положение Источника, откуда пришла измеряемая волна, см. Рис. 2; в работе [2] это рис. 6).

Однако для меня очевидно, почему Вам понадобились именно такие неправильные определения *длины волны и направления приема волн* – чтобы аргументировать в дальнейшем Вашу *точную формулу*,³² которая предназначена для описания расстояния между гребнями волн не в направлении их распространения, см. тот же Рис.2.

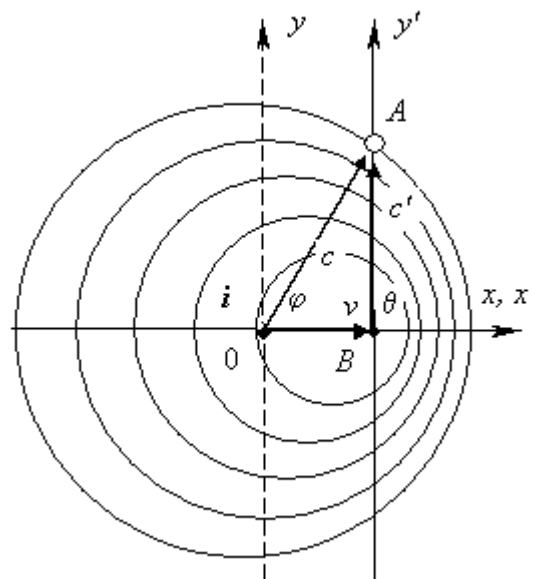


Рис. 2. Чертеж иллюстрирует тривиальный факт: при $\beta < 1$ и $\theta = \pm 90^\circ$ точная формула дает поперечный Доплер-эффект.

3-й комментарий Акимов

Проблема снова уперлась в определение длины волны. «Словарь по естественным наукам», как я уже сказал, нас не спасет. Источник непрерывно перемещается, точка А неподвижна и

³² В.Э. 2012-12-15: Ну, было-то не так, как говорит Иванов, а наоборот. Не для того Акимов придумал «неправильные определения длины волны», чтобы «аргументировать свою формулу», а наоборот: неправильно поняв сущность эффекта Доплера, он нашел точную формулу для описания этой увиденной им сущности; «точная формула Акимов» правильна – только она описывает то явление, которое под «эффектом Доплера» понимает Акимов, а не то явление, которое под этими словами понимают все остальные люди.

находится в непосредственной близости от источника, т.е. точек 0 и В. Близость источника и приемника позволяет исключить спекуляции релятивистов на приближениях, принятых сегодня для вывода традиционной формулы. В этом случае каждая последующая волна накрывает точку А под заметным углом к первоначальному направлению ОА, так что «стандартное определение» длины волны, за которое ухватился мой оппонент, здесь не работает, так как оно предполагает покоящийся источник, когда длина волны «по всем направлениям будет одной и той же».

Средневековые схоласты могли годами рассуждать, существуют ли у одежной щетки молочные железы вместо того, чтобы взять ее в руки и тщательно осмотреть. Мой оппонент предпочитает извергать из себя Монблан слов вместо того, чтобы взять и показать на рис. 1 длину волны, которая ему кажется верной.³³

Итак, повторюсь: за длину волны я принимаю отрезок, который получается делением расстояния АВ на число гребней; все эти отрезки будут одинаковыми. Если мой оппонент выберет направление ОА, то все отрезки между гребнями окажутся различными. Какой из них выбрать? Тот, что ближе всего к точке А? Так он ничем не лучше любого другого отрезка между гребнями, причем данные отрезки будут противоречить «стандартному определению» длины волны.

Если оппонент откажется выбирать на рис. 1 отрезок, соответствующий длине волны, он не сможет далее вывести формулу Доплера. Истинная формула выводится только из геометрии чертежа. Ошибочность релятивистской формулы как раз и проистекает из чисто *формального* ее получения, когда релятивистами была проигнорирована *геометрия распространения световых волн*.³⁴

Всё остается в силе и для рис. 2, за исключением одного: при угле $\theta = \pm 90^\circ$ точная формула для эффекта Доплера переходит в формулу, которая характеризует уже *поперечный Доплер-эффект*, имеющий место, как утверждают релятивисты, только в релятивистской трактовке.³⁵

Всем формалистам я рекомендую вычертить чертеж для случая, когда источник находится в покое. Пусть радиальное расстояние между соседними окружностями будет равно 30 мм, что соответствует испускаемой источником длине волны. Далее нарисуйте второй чертеж с теми же окружностями, но уже со сдвинутыми по оси x центрами. Пусть сдвиг центров окружностей соответствует величине относительной скорости $\beta = v/c = 2/3$. Наконец, по направлению ВА измерьте расстояние между гребнями. Оно будет равно 22,5 мм,³⁶ что отвечает релятивистской формуле, описывающей поперечный эффект Доплера.

Правда, у релятивистов здесь возникает неоднозначность, так как квадратный корень у них часто появляется в знаменателе. Это является следствием *парадокса итриха*, который мы сейчас не станем анализировать. Моего оппонента крайне раздражает простота объяснения «релятивистского» явления на основе обычного здравого смысла, который только и действует в классической физике.

В связи с этим я прошу его для рис. 2, как и для рис. 1, указать отрезок, отвечающий длине волны, как он ее понимает. Отказ выполнить эту просьбу означает, что у него нет никакого четкого пространственного представления о длине волны, которая возникает при Доплер-эффекте для различных углов наблюдения, включая угол $\theta = \pm 90^\circ$.

4-е замечание Иванова

Цитата: «Источник возбуждает неподвижную точку среды, лежащую на горизонтальной линии движения, а дальше возбуждение распространяется во все стороны самостоятельно, независимо как от источника, так и приемника возбуждения. Первая возбужденная точка передает импульс напряжения соседним, те, в свою очередь, передают его следующей группе точек и т.д. ... Руководствуясь одним этим геометрическим принципом, вытекающим из

³³ В.Э. 2012-12-15: А там ее нет и быть не может. Она вообще величина вымышленная, всё равно, что «молочные железы одежной щетки». Измерять надо реальные величины, а реальная величина для наблюдателя А – это моменты прихода отдельных волн и временные интервалы между ними.

³⁴ В.Э. 2012-12-15: Нет, не поэтому, а потому, что они под эффектом Доплера понимают нечто другое, нежели Акимов.

³⁵ В.Э. 2012-12-15: Если понимать под эффектом Доплера то, что понимают остальные люди (кроме Акимова), то никакого поперечного эффекта Доплера не существует (в классической физике, а с релятивистской надо разбираться отдельно).

³⁶ В.Э. 2012-12-15: а точнее 22,360679774997896964091736687... мм; всё это уже сделано, и на этом продемонстрировано заблуждение Акимова; см. {РОТ-6 = МОИ № 46, стр.17}.

обязательного условия существования неподвижной среды – носителя волн, Христиан Гюйгенс в XVII столетии в «Трактате о свете» смог удовлетворительным образом объяснить важнейшие оптические явления...» [2].



Рис. 3а.³⁷ Источник возбуждения среды движется слева направо со скоростью меньше скорости распространения возбуждения ($v < c$).

Рис. 3б. Источник возбуждения движется быстрее, чем распространяется возбуждение в среде ($v > c$). При этом возникает так называемый *конус ударной волны*.

Принцип Гюйгенса не ограничивает образование вторичных источников волн в среде только положением их на горизонтальной оси (от источника волн в среде в направлении его движения). Поэтому ссылка на принцип Гюйгенса не соответствует Вашему объяснению рисунков 3а и 3б. Принцип Гюйгенса здесь вообще ни при чем, поскольку на рис. 3 нет вторичных источников от пришедших в определенную точку волн, а есть только лишь сам источник, перемещаемый в пространстве.

4-й комментарий Акимова

Этим замечанием оппонент сразил автора наповал. Оказывается, он не знаком с действием принципа Гюйгенса и это при том, что автор привел соответствующие картинки (рис. 4) из «Трактата о свете» и в нескольких словах напомнил суть принципа. Теперь давайте обратим внимание на рис. 4б; ниже цитируются слова Гюйгенса, разъясняющие именно эту картинку.

«По поводу процесса образования этих волн, – пишет Гюйгенс, – следует еще отметить, что каждая частица вещества, в котором распространяется волна, должна сообщать свое движение не только ближайшей частице, лежащей на проведенной от светящейся точки прямой, но необходимо сообщает его также и всем другим частицам, которые касаются ее и препятствуют ее движению. Таким образом, вокруг каждой частицы должна образоваться волна, центром которой она является.

Так, если DCF [рис. 4б] – волна, исходящая из светящейся точки А, ее центра, то частица В, одна из тех, которые находятся в сфере DCF, производит свою отдельную волну KCL, которая коснется волны DCF в С в тот же момент, когда главная волна, исходящая из точки А, достигнет DCF. И ясно, что только точка С волны KCL, т. е. та, которая находится на прямой, проведенной через АВ, коснется волны DCF. Таким же образом остальные частицы, заключенные в сфере DCF, как bb, dd и т.д., создадут каждая свою волну. Но каждая из этих волн может быть только бесконечно слабой сравнительно с волной DCF, образованию которой содействуют все остальные волны той частью своей поверхности, которая наиболее удалена от центра А».

Круговые волны, которые мы видим на рис. 3а и 3б образованы огромным числом «бесконечно слабых», как выразился Гюйгенс, круговых волн, испущенных каждой точкой эфирной среды. Данный принцип исключает появление волновых фронтов в виде *кардиоид* и *эллипсов*, как это получается у релятивистов. Этот же принцип действует при образовании *ударной волны*. В этом случае «бесконечно слабые» волновые фронты складываются в большие круги, которые можно видеть на рис. 3. Затем эти большие круги, несущие суммарную энергию от крохотных кружков, образуют новый фронт – конус ударной волны, в котором уже

³⁷ В.Э.: Здесь в рисунках два .gif файла, движение которых не отображается, пока файлы находятся в книге (DOC или PDF). Это движение можно будет увидеть, если файлы извлечь из книги и посмотреть другими программами. Но в принципе там изображены просто движущиеся и возрастающие круги – обычная картина волновых фронтов.

сосредоточилась энергия от огромного числа больших кругов (или сфер, если говорить о пространстве).

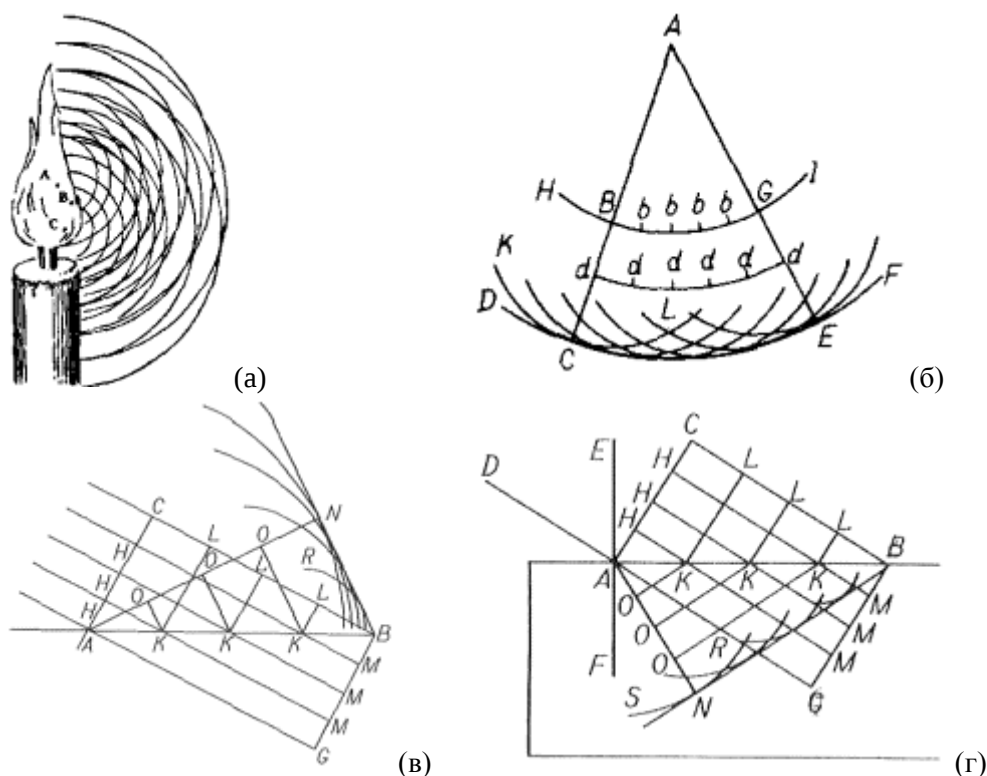


Рис. 4. Чертежи из трактата Гюйгенса, разъясняющие геометрию распространения световых волн.

5-е замечание Иванова

Цитата: «На рис. 4 приведены четыре характерных чертежа ... Отсюда проистекает принцип Гюйгенса, дающий единственно верное представление о геометрии волновых процессов, который неизменно подтверждается в опытах со звуком и светом. ... Таким образом, свет (видимое электромагнитное излучение) вызывается не какими-то специальными частицами материи, а именно колебаниями среды. ...» [2].

А разве уже доказано, что фотонная теория природы света неверна? Или свет перестал проявлять свойства частиц? Так откуда же следует, что для света остался только «принцип Гюйгенса, дающий единственно верное представление о геометрии волновых процессов», и свет «вызывается не какими-то специальными частицами материи, а именно колебаниями среды»? Таким образом, эти два вывода (утверждения) не верны.

Вполне возможно, что свет является только колебанием среды (эфира), а квантовые свойства света появляются из-за квантованности регистрирующих приборов, и когда-нибудь это будет доказано со всей строгостью, однако на данном этапе мы этого не можем сказать с уверенностью, следовательно, однозначности вывода о наличии только волновых свойств сейчас нет.

5-й комментарий Акимова

В этом замечании, как и в самом первом, оппонент просто констатирует, что придерживается фотонной теории, а не волновой. Он уже сказал, что для него отсутствует всякая светонесущая среда, а значит и волны в ней. Для него есть только пустота, в которой летают световые частицы. С их помощью, однако, нельзя многое объяснить, например, интерференцию и эффект Доплера, о которых уже говорилось. И, наоборот, с помощью волновых представлений можно объяснить квантование энергии возбуждения среды. Одна из первых квантовых теорий была предложена Дж.Дж. Томсоном (см. его статью [За пределами электрона](#)). В этом же направлении много работал и наш соотечественник [Александр Саввич Предводителев](#).

Из того, что электромагнитная энергия испускается и поглощается порциями, вовсе не вытекает реальность фотонов. По сути дела это понятие вспомогательное, физикам-классикам оно не нужно. Зато из фактов интерференции и эффекта Доплера (сюда можно прибавить дифракцию, аберрацию и многие другие явления) однозначно вытекает справедливость волновых представлений. Понятие квазичастицы по отношению к элементарным частицам работает неплохо, но оно не обладает достаточным конструктивным потенциалом. А вот волновые возбуждения среды могут быть самыми причудливыми; с их помощью можно объяснять квантовые состояния сложных атомных систем.

Так бы я ответил на 5-е замечание, которое, еще раз повторю, носит скорее риторический характер, чем критический. Здесь нет весомых аргументов, на которые можно было бы весомо отвечать. Оппонент не представил автору каких-либо противоречивых моментов в его представлениях. Да и не мог он это сделать, так как вся классическая физика непротиворечива, автор же последовательно придерживается этого мировоззрения. Что же касается теории относительности и квантовой механики, то здесь противоречий предостаточно.

6-е замечание Иванова

Цитата: *«Дело усугубляется еще и тем, что люди обычно не делают между ними различий, говоря, что угол φ это и есть угол θ . Такое смешение углов приводит к недоразумению, которое выражается в сохранении старой формулы кардиоиды и отрицании формулы окружности, получающейся от обычного векторного сложения v и c . Когда же их спрашиваешь, какое отношение формула кардиоиды имеет к кругам, получающимся на поверхности воды при движении поплавка, они разводят руками»*

Я могу ответить на этот Ваш вопрос. Сначала вопросом: «А какое отношение имеют сами круги от поплавка на поверхности воды к формуле связи излучаемой и принимаемой частот волн?» Потом примером. Есть такая старая задача: написать в системе отсчета дороги формулу траектории мухи, сидящей на спице колеса, движущегося без скольжения с постоянной скоростью v по этой ровной дороге.

Ответ на эту задачу известен – получается циклоида. Таким образом, неподвижный наблюдатель на дороге видит муху,двигающуюся по циклоиде, и формула наблюдаемого движения мухи не является формулой окружности (хотя в системе отсчета, связанной с осью колеса, муха двигается по окружности).

Точно также для неподвижного наблюдателя, слышащего шум пролетающего мимо самолета, формула принимаемой частоты звуковых волн не обязана быть формулой окружности (хотя сами волны распространяются в воздушной среде по окружности).

И неподвижный наблюдатель на берегу реки зафиксирует колебания воды у берега по формуле кардиоиды от проплывающего по реке поплавка (хотя сами волны от поплавка расходятся по окружности).

А вот то, что формула окружности не может быть формулой Доплера для неподвижного наблюдателя идвигающегося источника, я покажу позже, в ходе анализа Вашей статьи.

6-й комментарий Акимова

При рассмотрении эффекта Доплера нужно четко различать то, что существует объективно, т.е. независимо от наблюдения за волновым процессом, и то, что видит наблюдатель (воспринимает датчик), находясь в какой-либо конкретной точке. Окружности на поверхности воды – это физическая данность. Их можно зафиксировать, например, фотоаппаратом, поднятым высоко над поверхностью воды. Могло случиться так, что вместо кругов на воде фотоаппарат зафиксировал бы эллипсы. Тогда нам пришлось бы сначала выводить математическое выражение для эллипса.

В точке А, выбранной на произвольной окружности (рис. 6 или 8), вообще говоря, никакого наблюдателя может и не быть. Эта точка является вспомогательной и служит для получения математического выражения. Однако если в точке А всё же появится покоящийся наблюдатель, то выражение (4) не изменится, так как оно вполне позволяет найти воспринимаемую длину волны (на линии АВ) в зависимости от конкретного угла наблюдения (угол θ). Не правильно думать, что с появлением покоящегося наблюдателя (датчика), выражение (4) непременно

изменится. Нет, оно останется в силе.³⁸ Непосредственная геометрия чертежа подтверждает такой вывод. Пример с мухой на вращающемся колесе здесь не подходит, так как ему отвечает совершенно другая геометрическая картинка.

Но ситуация радикально изменится, если начнет двигаться наблюдатель. Пусть источник покоится, тогда вся скобка (она обозначена буквой F) в выражении (4) для него окажется в знаменателе, т.е. для покоящегося наблюдателя будет справедливо выражение $\lambda' = \lambda/F$ [2]. И это уже не является уравнением окружности. Здесь Ваш аргумент начинает работать в полную силу: длина волны, распространяющаяся в среде, будет отличаться от длины волны, которую воспринимает датчик. Чтобы вывести общее выражение для одновременного движения источника и приемника нужно обратиться к файлу [2]; там сказано следующее.

Надо различать три длины волн: λ_0 – собственная длина волны источника колебаний, λ_1 – длина волны колеблющейся среды и λ_2 – длина волны, воспринимаемая приемником. Приемник ничего «не знает» об источнике – движется он или покоится – и какова его собственная частота λ_0 . Он воспринимает колебание среды λ_1 в конкретной точке как автономный процесс. Без наличия среды никакого эффекта Доплера наблюдать не будет. Чтобы найти результирующую длину волны λ_2 от совместного движения источника и приемника, нужно первое выражение для λ_1 подставить во второе для λ_2 , получим: $\lambda_2 = \lambda_0 \times F1/F2$.

Мне кажется, что Ваше искаженное представление³⁹ об эффекте Доплера возникло потому, что Вы берете во внимание только два фактора, выраженных через λ_0 и λ_2 . Третий фактор, λ_1 , который непосредственно связан со средой, Вы не замечаете. Это, в свою очередь, происходит из-за Вашей недооценки роли среды при распространении волн, особенно, оптических.

³⁸ В.Э. 2012-12-15: Выражение (4) – это, видимо, «точная формула эффекта Доплера»; она останется в силе в том смысле, что будет описывать некоторую визуальную картину волн, видимую «с космоса»; но она не будет иметь никакого отношения к тому эффекту Доплера, который будет наблюдать датчик, находящийся в точке А – наблюдать в виде интервалов между волнами; волны к нему будут приходить НЕ по этой формуле.

³⁹ В.Э. 2012-12-15: Искаженное представление об эффекте Доплера имеет сам Акимов, и это в общем-то удивительно, что он мог четверть века (!) в разных инстанциях (включая Академию наук) защищать свою «точную формулу», полемизировать с бесчисленным количеством оппонентов, и НЕ ПОНЯТЬ, в чем, собственно, дело. (Сильно пахнет психиатрическим явлением, называемым *idée fixe*).

Олег Е. Акимов. Использование в медицине поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы

http://sceptic-ratio.narod.ru/fi/Doppler_Ultrasound.htm

Медики, занятые решением конкретных практических задач, связанных с лечением сердечно-сосудистых заболеваний, легко перешагивают через препоны, выставленные релятивистами. Последние, как известно, утверждают, будто никакого *поперечного эффекта Доплера* для акустических волн существовать не может.⁴⁰ Но инженеры-медики, разрабатывающие аппаратуру для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы, доказывают обратное. Пусть их теоретические рассуждения не всегда и во всём точны, тем не менее, они регистрируют и вполне успешно используют факт, который, казалось бы, абсолютно невозможен с точки зрения релятивистской теории. Кратко напомним суть проблемы, которая более полно изложена на следующих страницах:

- [О формуле, описывающей классический эффект Доплера](#) [В этом томе выше]
- [Классический эффект Доплера: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |](#)
- [Часто задаваемые вопросы по эффекту Доплера](#) [В этом томе выше]
- [Естествознание. Лекция 4. Эффект Доплера \[OAKL-2\]](#)
- [Ошибочность релятивистской формулы Доплера](#) [В этом томе выше]
- [Квантовая теория Доплер-эффекта В.Л. Гинзбурга](#) [В этом томе выше]
- [Введение в акустику. Природа звука и ультразвука](#) [В этом томе выше]

В классической физике имеется так называемая *традиционная* формула для описания доплеровского эффекта, когда одновременно движутся приемник с относительной скоростью $\beta_1 = v_1/c$ и источник излучения с относительной скоростью $\beta_2 = v_2/c$:

$$f' = f \frac{1 - \beta_1 \cos \theta_1}{1 - \beta_2 \cos \theta_2}$$

Здесь f – частота излучения акустических или электромагнитных колебаний; f' – частота, принятая датчиком (приёмником); углы θ_1 и θ_2 образованы волновым вектором с вектором скорости движения приёмника v_1 и источника v_2 , соответственно. Подчеркнем, что данная формула справедлива для плоских волн как акустической, так и электромагнитной природы.

Традиционно считалось, что на изменение принимаемой частоты f' влияют проекции векторов v_1 и v_2 на вектор c , т.е. величины $v_{\text{пр}1}$ и $v_{\text{пр}2}$ (рис. 1а). Но фактически было бы намного правильней брать векторные разности: $c - v_1$ и $c - v_2$. Тогда можно было бы избежать ошибки, которая возникает, когда углы θ_1 и θ_2 равны $\pm 90^\circ$ (рис. 1б).

В частности, для случая $\theta_2 = 90^\circ$, когда движется источник I и покоится приемник A (рис. 1б), получим $f' = f$:

$$f' = \frac{f}{1 - \beta_2 \cos 90^\circ} = f$$

⁴⁰ В.Э. 2012-12-16: Ну, здесь нужно уточнить, что именно под этим понимается. Такого эффекта, о котором говорит теория относительности в отношении световых волн (когда очень удаленный источник движется мимо наблюдателя под углом 90° в течение такого интервала времени, в пределах которого можно считать, что угол не изменился) – такого эффекта, конечно, нет. Но когда очень близкий источник круглых волн перемещается под разными углами – конечно, наблюдаются свои эффекты, которые можно назвать «поперечными» и использовать.

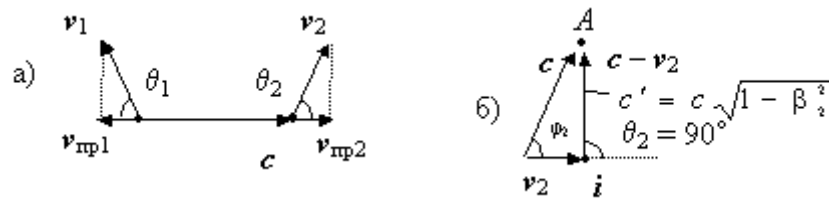


Рис. 1. Традиционно эффект Доплера объясняется за счет сложения вектора скорости распространения волны (c) с проекциями скоростей источника $v_{\text{пр1}}$ и приемника $v_{\text{пр2}}$ (а). Реально же необходимо производить действия не с проекциями скоростей, а с самими векторами v_1 и v_2 . В частности, при движении только источника i изменение длины волны в направлении наблюдателя A произойдет пропорционально разности скоростей $c - v_2$; формула же $c - v_{\text{пр2}}$ была бы здесь ошибочной. Поэтому, если угол наблюдения равен $\theta_2 = \pm 90^\circ$, то наблюдатель A зафиксирует *поперечный эффект Доплера*, т.е. зарегистрирует уменьшение длины волны ($\lambda' < \lambda$), пропорциональное разности скорости распространения колебаний c и скорости источника v_2 (б).

Но традиционная формула справедлива для *абсолютно плоских волн*. А что делать с точечными источниками, когда волны *сферические* или (для двумерного случая) расходятся *кругами*? Эта ситуация показана на рис. 2а, где движется один источник i , приёмник же A покоится. Понятно, что традиционная формула перестает работать и нужно пользоваться другой формулой. Ее можно легко вывести из чертежа рис. 2б.

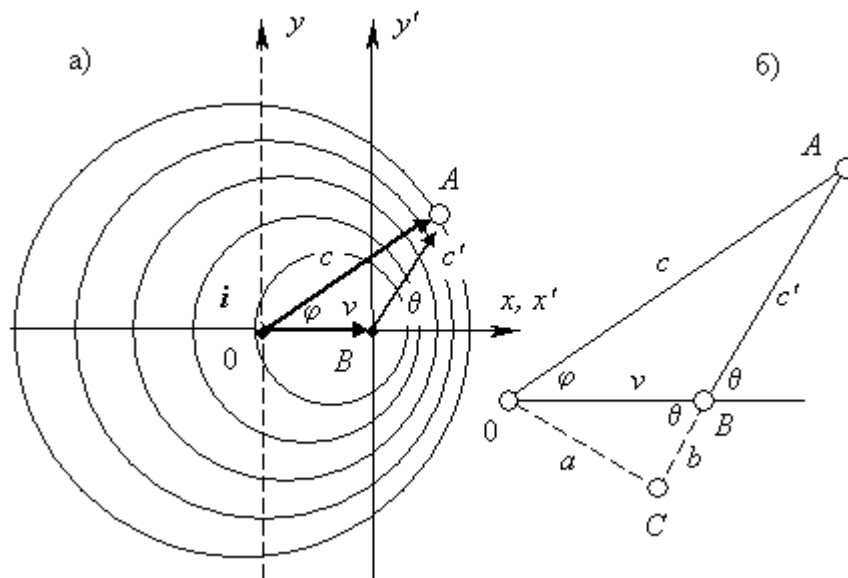


Рис. 2. Чертеж (а) представляет собой застывшее изображение процесса распространения волн при движущемся источнике колебаний (i). Пока волновой фронт, испущенный из точки 0, дойдет до точки A , источник колебаний i окажется в точке B . Чтобы найти выражения для векторной суммы векторов v и c , на чертеже (б) показан вспомогательный прямоугольный треугольник.

По чертежу рис. 2б, где показаны отрезки $a = v \sin \theta$ и $b = v \cos \theta$, составляем равенство:

$$c' + b = \sqrt{c^2 - a^2}.$$

Если в последнее выражение подставить значения a и b , получим скорость c' :

$$c' = \sqrt{c^2 - v^2 \sin^2 \theta} - v \cos \theta.$$

Умножая обе части этого равенства на период колебаний T , получаем изменившуюся за счет эффекта Доплера длину волны λ' , которую удобно выразить через параметр β :

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right).$$

Рис. 3. отчетливо демонстрирует нам, что воспринимаемая наблюдателем длина волны λ' , соответствующая воспринимаемой частоте f' , зависит не только от величины угла θ , но и от величины относительной скорости β . Нам говорят, что какой бы ни была скорость θ , равенство $\lambda' = \lambda$ всегда наступит при угле $\theta = \pm 90^\circ$. Так думать – значит, сильно заблуждаться.

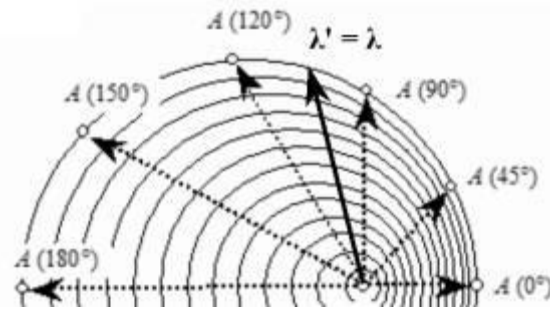


Рис. 3. Картина волн, расходящихся от движущегося вправо источника колебаний. Объективно мы видим, что для точки $A(0^\circ)$ $\lambda' = \lambda(1 - \beta)$, для точки $A(180^\circ)$ $\lambda' = \lambda(1 + \beta)$. Вопрос: при каком угле θ можно будет наблюдать равенство $\lambda' = \lambda$? Может быть, при $\theta = 90^\circ$? Нет, это ошибка, так как величина этого угла явно зависит от значения β и очевидно, что $\theta > 90^\circ$.

Неважно, где находится наблюдатель – рядом с источником, где-то в одной из точек A или смотрит на волновую картину откуда-нибудь сверху – в любом случае он сможет снять зависимость λ' от угла θ и скорости β :

$$\text{при } \theta = 0^\circ, \lambda' = \lambda(1 - \beta); \text{ при } \theta = 180^\circ, \lambda' = \lambda(1 + \beta).$$

Эти две формулы элементарны и всем известны со школьной скамьи. Трудности вызывал случай равенства длин волн: $\lambda' = \lambda$. Где, в каком месте представленной здесь картины волн он произойдет?

Традиционно считалось, что этот момент наступит при угле $\theta = 90^\circ$. Но интуитивно каждый понимаем, что значение искомого угла θ зависит от скорости источника колебаний: чем больше скорость β , тем больше линия, где $\lambda' = \lambda$, отклоняется влево от вертикали (рис. 3), т.е. угол θ становится всё более тупым. Не может получаться так, что скорость β как-то меняется, а угол θ остается постоянно прямым.

Итак, из ранее приводимой формулы:

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right)$$

нам нужно определить, как меняется угол θ в зависимости от скорости β , когда выполняется равенство: $\lambda' = \lambda$. Если подставить это условие в данную формулу, то найдем простую зависимость:

$$\beta = -2 \cos \theta \text{ или } \theta = \arccos(-\beta/2).$$

Для наглядности составим нижеследующую таблицу, из которой можно видеть, что любая скорость источника приводит к отклонению луча, для которого $\lambda' = \lambda$, от вертикальной линии в противоположную сторону от направления движения источника. Данное отклонение является следствием проявления абберации, хорошо известной физикам. Если $\beta > 0$, то $\theta > 90^\circ$. По достижении скорости $\beta = 1$, угол отклонения в точности равен $\theta = 120^\circ$.

Таблица скоростей β и углов θ , сохраняющих условие равенства длин волн $\lambda' = \lambda$.

β	θ
0,0001	$90^\circ,003$
0,001	$90^\circ,03$
0,01	$90^\circ,3$
0,1	$92^\circ,9$
0,2	$95^\circ,7$
0,4	$101^\circ,5$
0,6	$107^\circ,5$
0,8	$113^\circ,6$
1,0	$120^\circ,0$
1,2	$126^\circ,9$

1,4	134°,4
1,6	143°,1
1,8	154°,1
2,0	180°,0
2,2	—

Ничего качественно нового не произойдет, когда скорость звука будет преодолена (рис. 4): $\beta > 1$. И только при $\beta \geq 2$ наступает ограничение для выполнения условия $\lambda' = \lambda$. Скорость источника может быть, конечно, любой, в том числе и $\beta = 2,2$, только воспринимаемая длина волны никогда не будет равна собственной длине волны источника: $\lambda' \neq \lambda$.

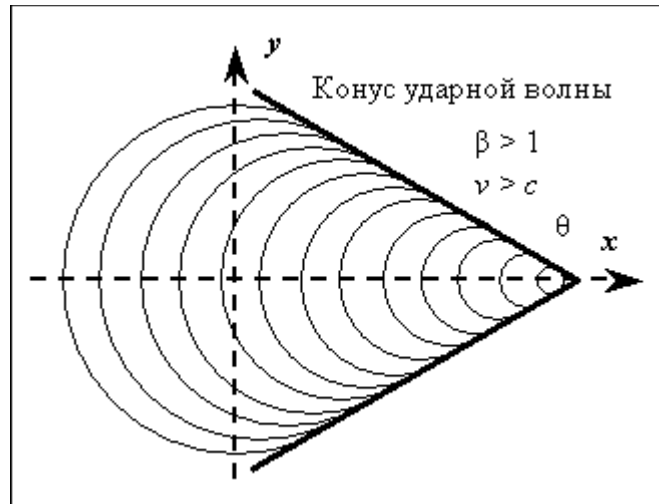


Рис. 4. Конус ударной волны, образующийся при $\beta > 1$. Обратите внимание, здесь нарисованы только левые части окружностей, ограниченные границами конуса ударной волны. Правые участки волновых фронтов не существуют, поскольку волны с отрицательными значениями λ' в природе отсутствуют.

Что здесь может помешать выполнению условия $\lambda' = \lambda$? Разве кто-нибудь отменял выше написанные формулы –

$$\text{при } \theta = 0^\circ, \lambda' = \lambda (1 - \beta); \text{ при } \theta = 180^\circ, \lambda' = \lambda (1 + \beta)?$$

Да, первая формула для угла $\theta = 0^\circ$ здесь отменена. Дело в том, что исходная формула накладывает еще одно ограничение на углы и скорости, а именно: подкоренное выражение всегда должно быть положительным:

$$1 - \beta^2 \sin^2 \theta \geq 0, \sin \theta \leq \pm 1 / \beta \text{ или } \theta \leq \pm \arcsin (1 / \beta).$$

Это ограничение дает формулу Маха для нахождения углов внутри конуса ударной волны: $\sin \theta = 1 / \beta$. Пусть $\beta = 2,2$, тогда, согласно последнему ограничению, имеем:

$$\theta \leq \pm \arcsin (0,45) = \pm 27^\circ.$$

Это означает, что при $\beta = 2,2$ волны не выходят за пределы конуса ударной волны с углами при вершине $\pm 153^\circ$, если отсчет вести от положительного направления оси x . Таким образом, при $\theta = 180^\circ$ будем иметь $\lambda' = 3,2 \lambda$, что допустимо, а угол $\theta = 0^\circ$ в этой ситуации мы просто не имеем права рассматривать. В этом направлении у нас получилась бы отрицательная длина волны $\lambda' = -1,2 \lambda$, что с точки зрения физики лишено всякого смысла.

Более того, второе ограничение опережает первое. При любом значении $\beta > 1$, когда должны появляться волны с отрицательной длиной,

$$\lambda' = \lambda (1 - \beta) < 0,$$

тут же исчезают правые участки волновых фронтов, распространяющиеся по ходу движения источника колебаний. Вся их колебательная энергия сосредоточивается на границе конуса, что проявляется в виде высокого энергетического барьера.



Рис. 5. Фотография реактивного самолета FA-18, летящего быстрее звука. Вблизи летального аппарата виден светлый конус ударной волн. Дело в том, что сразу же за конусом создается зона пониженного давления, в которой происходит мгновенная конденсация паров влаги. В 1911 году Э. Мах установил, что угол θ при вершине конуса ударной волны всецело определяется относительной скоростью β , поэтому параметр β часто называют *числом Маха*.

Когда реактивный самолет преодолевает этот мощный звуковой барьер (рис. 5), мы слышим оглушительный хлопок. Если бы реально существовали правые участки всех волновых фронтов, то было бы не понятно, откуда конус ударной волны черпает свою колоссальную энергию, т.е. здесь нарушался бы элементарный энергетический баланс. Кроме того, при сохранении правых участков волновых фронтов внутри конуса образовывалась бы интерференционная картина, (рис. 6) которая в действительности не наблюдается.

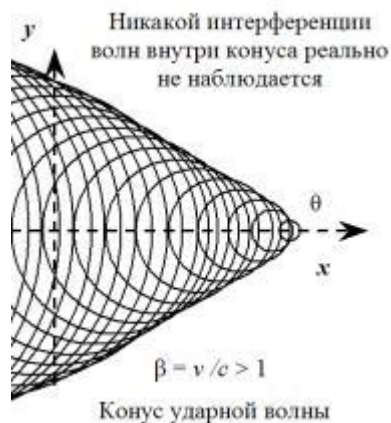


Рис. 6. Показана интерференционная картина, которая в действительности отсутствует. Это означает, что правые участки волн, распространяющиеся в направлении движения источника, реально не существуют. Вся их акустическая энергия в виде сжатого воздуха передается на границу конуса. Таким образом, можно наблюдать только левые участки волн, которые распространяются в направлении отрицательных значений оси x , т.е. против движения источника колебаний.

Все эти нюансы очень важны для осмысления простого математического факта, а именно. Традиционная формула, описывающая *плоские* волны от движущегося точечного источника колебаний в большинстве случаев не работает даже приближенно, т.е.

$$\lambda' \neq \lambda (1 - \beta \cos \theta).$$

Это ложное для сферических волн выражение не описывает всех тех явлений, о которых только что рассказывалось. То есть, традиционная формула не дает наблюдаемые эффекты, отображенные на рис. 2 – 5. Она не отвечает на два важнейших вопроса: 1) откуда берется конус ударной волны; 2) как истолковать отрицательные длины волн $\lambda' < 0$, когда скорость источника превышает скорость звука $\beta > 1$. Но все эти факты получают логическое объяснение, если воспользоваться чуть более сложным выражением, справедливым для любых значений β :

$$\lambda' = \lambda \left(\sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \theta} - \beta \cos \theta \right).$$

Если сюда подставить $\theta = 90^\circ$, мы получим выражение, которое в теории относительности получило название *поперечного эффекта Доплера*. Его суть сводится к уменьшению исходной длины волны λ , генерируемой источником колебаний, до величины λ' (рис. 7):

$$\lambda' = \lambda \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Данный геометрический факт, отображенный на рис. 7, сторонники теории относительности объясняют *замедлением времени*.

$$T' = T \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Они утверждают, что при $\theta = 90^\circ$ выполняется равенство $\lambda' = \lambda$, но за счет «замедления времени» происходит «сокращение длины», так как

$$\lambda = c T \text{ и } \lambda' = c T'.$$

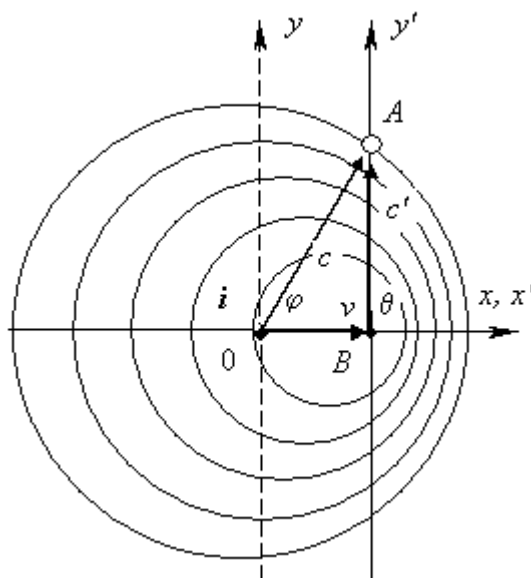


Рис. 7. Чертеж иллюстрирует возникновение поперечного эффекта Доплера при $\beta < 1$ и $\theta = 90^\circ$

Для акустики такая логика не приемлема, так как скорость звука и скорость его источников не попадает в релятивистскую область. С самого начала нужно было отказаться от традиционной формулы и использовать формулу Доплера для сферических волн. Однако жесткие философско-методологические ограничения, господствовавшие в науке XX столетия, не позволили этого сделать. Всё, что грозило подорвать теоретическую базу релятивизма, немедленно изгонялось из сферы науки. Сегодня физическая наука переживает глубокий кризис. Можно надеяться, что с его окончанием физики откажутся от *формально-спекулятивной* идеологии и снова возьмут на вооружение *рационально-конструктивную* методологию.

Ошибочные взгляды возникли еще в конце XIX века при постановке и объяснении эксперимента Майкельсона–Морли (1881, 1887). В этом опыте, наделавшем столько шума, использовался источник света конечных размеров, который можно было бы принять за точечный. При поворотах интерферометра на столь значительные углы в нем не возникали условия для плоских волн. Поэтому было бы правильнее считать, что световые волны исходят от локализованного источника, т.е. имеют строго сферическую форму, как это показано на рис. 8.

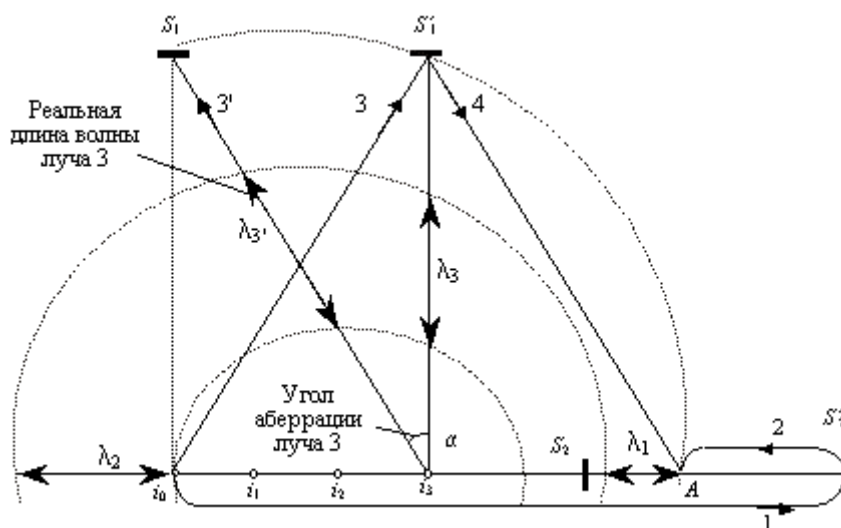


Рис. 8. Здесь показаны три длины волны: две продольные — λ_1 и λ_2 и одна поперечная — λ_3 , отношение между которыми в точности соответствует отношению между реальными длинами. Помимо этого на рисунке показана еще одна длина волны — λ_3' , которая отвечает за отклоненный в результате aberrации луч $3'$.

Между тремя выделенными волнами сферической формы, показанными на этом рисунке, могут располагаться миллионы других волновых сфер: суть дела от этого не меняется, т.е. малая длина волны по сравнению с расстоянием от источника до приемника не делает волны плоскими.

При движении источника происходит отклонение луча 3 на угол α , который откладывается в противоположную сторону по отношению к направлению движения интерферометра, что давало луч 3'. Но Майкельсон, Лоренц и все последующие за ними физики отклоняли луч 3 по ходу движения интерферометра, что привело к ошибочному анализу хода лучей в интерферометре (рис. 9).



Рис. 9. Майкельсон считал, что луч 1 от источника света 0 распространяется в направлении движения Земли; луч 2 – это отраженный от зеркала С луч 1. Луч 3, отразившись от зеркала А, становится лучом 4. Как отметил Майкельсон, оптический путь, проделанный лучами 1-2, не равен оптическому пути, проделанному лучами 3-4. Следовательно, встретившись в точке В они дадут интерференционные полосы, расстояния между которыми пропорциональны разности хода лучей 1-2 и лучей 3-4. В действительности же, никакого луча 3, направленного в точку А, не существует; есть луч 3', направленный под углом α в точку D.

Отрицательный результат опыта объясняется очень просто. Интерферометр Майкельсона, где источник и приёмник установлены на одной платформе, действует *компенсационный принцип*, нейтрализующий действие эффекта Доплера и явления aberrации. Всё происходит так, как если бы интерферометр никуда не двигался относительно светоносной среды, т.е. не перемещался бы в космосе вокруг Земли и вокруг собственной оси. Поэтому однажды настроенная интерференционная картина, возникающая за счет различной длины горизонтального и вертикального плеча, в процессе движения интерферометра абсолютно бы не менялась (более подробный анализ проведен в разделе [Эксперимент Майкельсона – Морли](#))⁴¹.

Во второй части данной веб-страницы в качестве приложения приводится полный текст английской статьи «Ultrasound Doppler Probing of Flows Transverse with Respect to Beam Axis», в которой экспериментально доказывается существование поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой системы, использующейся для выявления патологии сердечно-сосудистой системы. Чтобы уловить главную идею представленной здесь статьи, достаточно прочитать аннотацию к ней. Ниже приводится русский перевод этой аннотации.

«Принято считать, что поперечные эффекты Доплера первого порядка по v/c не существуют для всех волновых явлений, включая акустические, т.е. эффект Доплера равен нулю для излучения, направленного перпендикулярно к движению [потока частиц]. Однако такое утверждение предполагает, что падающее поле [ультразвука] представляет собой плоскую волну, что, вообще говоря, не верно для источников с конечной апертурой. Поэтому исследование потоков, перпендикулярных к лучам [ультразвука] конечного диаметра, особенно, когда эти лучи сфокусированы, вполне возможно. Подобная геометрия будет полезна в тех случаях, когда невозможна традиционная ориентация ультразвукового луча вдоль направления потока. Исходя из этих соображений, здесь представлены теоретически и экспериментально выполненные измерения доплеровского спектра для поперечных конфигураций.

Сравнение измерений текущего потока с измерениями, полученными на основе стандартной ультразвуковой Доплер-системы, показывает, что скорость потока, перпендикулярного к оси

⁴¹ {OAKL-3 = МОИ № 63, стр.3}.

сфокусированного датчика может быть измерена с точностью, которая сопоставима с точностью, полученной при помощи традиционной системы с наклонной ориентацией [ультразвукового луча]. Измерение Доплер-спектра показывает высокую степень согласованности с теорией.

Хотя эксперименты были проведены для акустических волн, представленные результаты должны быть применимыми также и к электромагнитным системам».

В начале Введения авторы статьи еще раз подчеркивают мысль, выраженную в последнем абзаце аннотации: «Упрощенный эффект Доплера (т.е. для случая плоской волны) применим как к электромагнитным, так и к акустическим волнам. Для цели, двигающейся со скоростью v , точный релятивистский анализ для электромагнитных волн в вакууме производится по той же самой формуле, что и для отраженной частоты f_s , как это делается в акустическом анализе, а именно:

$$f_s = f \frac{\left(1 - \frac{v \cdot k}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v \cdot k_s}{c}\right)} \approx f \left(1 - \frac{v \cdot k}{c} + \frac{v \cdot k_s}{c}\right), \quad (1)$$

где k, k_s – единичный вектор в направлении распространения падающего (incident) и отраженного (scattered) возбуждения, соответственно. Понятно, что выражение (1) можно свести к выражению первого порядка [по отношению v/c], которое обычно используют для поперечных волн, т.е. для волн, падающих под прямым углом к движению [частиц], когда $v \cdot k = v \cdot k_s = 0$ [$v \cdot k = v \cos \theta$]. Мы получаем $f_s = f$, что приводит к исчезновению эффекта Доплера. Для случая $k_s = -k$ эффект Доплера удваивается:

$$f_s = f(1 - 2v \cdot k/c) \text{ [или } \Delta f = 2f\beta \cos \theta \text{]}. \quad (1a)$$

Аргумент вблизи направления поперечного движения не заканчивается выражением (1). В релятивистской электродинамике эффекты второго порядка могут быть обнаружены [из-за явления абберации]. Аргументы такого рода привели к выводу: обнаружение поперечного движения невозможно, особенно в механических системах, в частности, в акустике. Однако, этот довод относится только к плоским падающим волнам бесконечной протяженности, тогда как в действительности мы обычно сталкиваемся с лучами конечной протяженности. Поскольку рассеивание луча размывает плоские волны, которые становятся наклонными относительно оси, или, другими словами, из-за неоднородности возбуждения в поперечном сечении луча, мы могли бы измерить движение, поперечное к оси луча. Еще более сильные эффекты будут наблюдаться при фокусировке лучей, когда в фокальной области наблюдается большой пространственный уклон поля излучения».

Поясним. Выражение (1) эквивалентно ранее приведенной формуле:

$$f' = f \frac{1 + \beta \cos \theta}{1 - \beta \cos \theta} \approx f(1 - 2\beta \cos \theta),$$

если принять в ней совпадение углов: $\theta_1 = \theta_2 = \theta$, равенство по модулю, но разнонаправленность скоростей источника и приёмника: $\beta = \beta_2 = -\beta_1$ (что означает $k_s = -k$), а также пренебречь членами второго и выше порядков по $\beta = v/c$, то оно переходит в выражение (1a), откуда находится относительная скорость эритроцитов:

$$\beta = (f' - f) / 2f \cos \theta. \quad (1b)$$

В самом деле, все эти условия выполняются, когда луч ультразвука направлен под небольшим углом наклона к кровеносному сосуду, в котором двигаются частички вещества (эритроциты). Удвоение эффекта Доплера, которое фигурирует в формуле (1a), происходит из-за отражения лучей от всех частиц крови, которые начинают играть роль вторичных источников излучения. Поскольку они двигаются с разной скоростью – у стенок сосуда медленнее и намного быстрее ближе к центру сосуда – то в УЗИ-установке наблюдается широкий спектр принятых частот и, соответственно, Доплер-спектр скоростей представляет собой нормальное распределение.

Формула (1) и ее модификации справедливы только для плоских волн, которые на практике обычно не наблюдаются. Если источник излучения точечный – что ближе к реальности – правильное было бы воспользоваться другой формулой, которая не использовалась авторами статьи:

$$f' = f \frac{\sqrt{1 - \beta_1^2 \sin^2 \theta_1} - \beta_1 \cos \theta_1}{\sqrt{1 - \beta_2^2 \sin^2 \theta_2} - \beta_2 \cos \theta_2} \quad (2)$$

Тогда при тех же самых малых углах наклона ($\theta_1 = \theta_2 = \theta$ и $k_s = -k$) выражение (1b) заменяется на более подходящее для этого случая:

$$\beta = \pm (\sin^2 \theta + F^2 \cos^2 \theta)^{-1/2}, \text{ где } F = (f' + f) / (f' - f). \quad (2a)$$

Для поперечного эффекта Доплера имеем более простое выражение:

$$f' = \pm f (1 - \beta^2)^{-1/2} \text{ или } \beta = \pm [1 - (f' / f)^2]^{-1/2}, \quad (2b)$$

которое, однако, выполняться будет приблизительно за счет разброса скоростей движения эритроцитов внутри кровеносных сосудов и явления двойной абберации.

В связи с разбросом скоростей авторы статьи специально подчеркивают, что они исследовали исключительно *ламинарные* потоки крови, когда все эритроциты движутся пускай и с различной скоростью, но только в одном направлении. Они исключили случай *турбулентного* движения, при котором частицы перемещаются вперед-назад.

График Fig. 10 (ниже он воспроизведен как рис. 10) наглядно демонстрирует успешность нахождения различных значений скорости кровотока, когда ультразвуковое излучение направлено перпендикулярно к направлению скорости кровотока ($\theta = 90^\circ$). Для сравнения на этом же графике приведены значения скорости для угла $\theta = 60^\circ$, когда используется традиционное приближение (1b) (о формулах 2, 2a и 2b авторы статьи, по-видимому, ничего не знали).

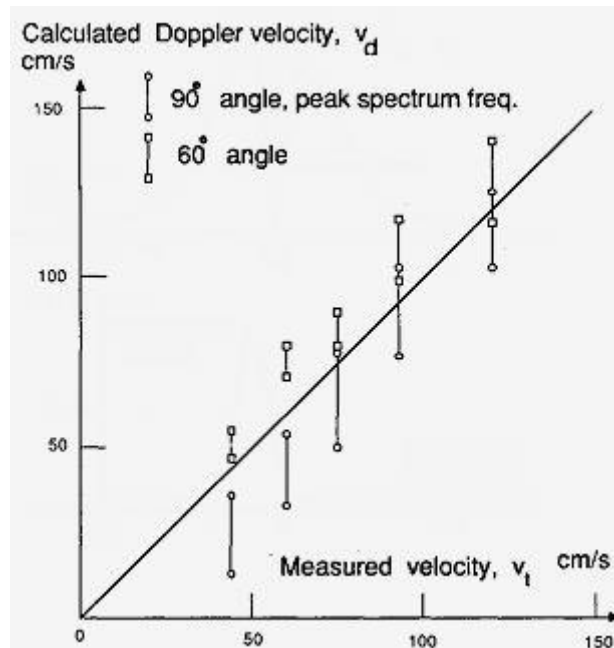


Рис. 10. Сравнение осевой скорости v_1 , полученной непосредственно из расчета по экспериментально измеренным значениям скорости кровотока, с осевой скоростью v_d , полученной по результатам оценки доплеровского спектра.

Итак, зная объемный расход жидкости и площадь сечения трубки, можно вычислить осевую скорость кровотока v_1 . Эксперимент проводился для пяти таких скоростей:

$$v_{1-1} = 43 \text{ см/с},$$

$$v_{1-2} = 60 \text{ см/с},$$

$$v_{1-3} = 74 \text{ см/с},$$

$$v_{1-4} = 93 \text{ см/с},$$

$$v_{1-5} = 121 \text{ см/с}.$$

Осевая скорость кровотока v_d , рассчитанная по доплеровским спектрам, находится в доверительных интервалах:

$$v_{d-1 \ 60^\circ} = 23 \pm 12 \text{ см/с}, \ v_{d-1 \ 90^\circ} = 50 \pm 4 \text{ см/с},$$

$$v_{d-2 \ 60^\circ} = 41 \pm 10 \text{ см/с}, \ v_{d-2 \ 90^\circ} = 72 \pm 5 \text{ см/с},$$

$$v_{d-3 \ 60^\circ} = 62 \pm 13 \text{ см/с}, \ v_{d-3 \ 90^\circ} = 81 \pm 5 \text{ см/с},$$

$$v_{d-4 \ 60^\circ} = 86 \pm 10 \text{ см/с}, \ v_{d-4 \ 90^\circ} = 106 \pm 7 \text{ см/с},$$

$$v_{d-5 \ 60^\circ} = 110 \pm 11 \text{ см/с}; \ v_{d-5 \ 90^\circ} = 126 \pm 12 \text{ см/с}.$$

Для угла $\theta = 60^\circ$ оценка доплеровской скорости v_d рассчитывалась, исходя из «стандартного уравнения Доплера»:

$$f_d = 2 f_0 (v/c) \cos \theta ,$$

где f_0 – собственная частота излучателя, f_d – доплеровская частота и θ – угол между осью луча и направлением скорости кровотока.

Для угла $\theta = 90^\circ$ оценка по всем пяти скоростям v_1 производилась по максимуму спектральной амплитуды, которая определяется выражением (14) и соответствует центральной частоте (ω') треугольного спектра. В диапазоне

$$\omega (1 - \gamma/2) \leq \omega' \leq \omega (1 + \gamma/2)$$

максимум находится в районе

$$\pm \omega \frac{v}{c} \frac{W}{F} = \pm \omega \gamma.$$

где W – диаметр линзы, F – фокусное расстояние (см. рис. 1 – геометрия поставленной задачи).

Сам спектр, имеющий форму равнобедренного треугольника, можно видеть на рис. 11 (Fig. 4).

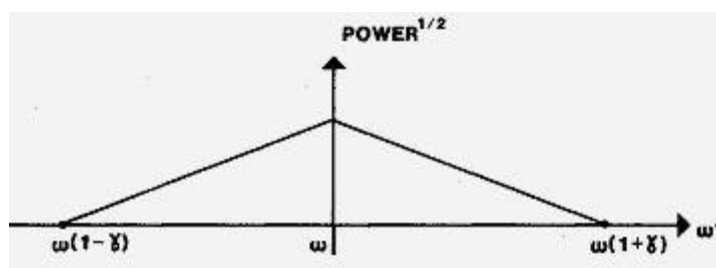


Рис. 11. Спектральные амплитуды, соответствующие заданной ширине линзы W и ее фокусному расстоянию F , а также поперечной скорости кровотока v , достигают максимума на частоте $\pm \omega \gamma = \pm \omega (v/c) (W/F)$.

Для тех, кто далек от медицины и УЗИ-диагностики, дополнительно сообщаем, что патология сердечно-сосудистой системы (например, сужение растворов клапанов сердца или отдельных участков кровеносной системы) определяется по скорости движения эритроцитов. Чем выше их скорость, т.е. параметр $\beta = v/c$, тем уже отверстие, через которое они проходят. Большей величине β отвечает и больший доплеровский сдвиг $\Delta f = (f' - f)$, фиксируемый УЗИ-аппаратурой. Как мы знаем, скорость эритроцитов различна в различных точках сечения сосуда. За реальную скорость кровотока обычно принимают скорость движения эритроцитов, движущихся по центральной части сечения сосуда вдоль его оси, где скорость более равномерна и максимальна.

Возможно, что на практике *детерминистская* формула (2) еще долго не будет играть сколько-нибудь существенной роли, так как ее высокая точность не достижима для *статистических* измерительных систем с ограниченной фокусировкой луча и конечной апертурой датчика, в которых осуществляется Фурье-анализ. Выражение (2b) дает математически безукоризненную взаимосвязь между скоростью β и частотным сдвигом Δf при $\theta = 90^\circ$ – другой формулы просто не может быть. Главным же в ультразвуковой диагностике оказывается наличие самого факта поперечного эффекта Доплера, который возникает не в результате эфемерного *замедления времени*, как учат нас релятивисты, а за счет искривления волнового фронта или, иначе сказать, отсутствия условий для существования идеальных плоских волн.

Напомним, что скорость ультразвука, распространяющегося в биологическом организме, равна приблизительно $c = 1540$ м/с; максимальная скорость перемещения эритроцитов на три порядка меньше – $v = 1,5$ м/с. Таким образом, в процессе ультразвуковой диагностики *отсутствуют условия для проявления релятивистских эффектов*, к которым относится поперечный эффект Доплера, тем не менее, он регистрируется медицинскими приборами. При $\beta = 0,001$ и частоте излучения $f = 10$ МГц, приёмник зафиксирует частоту f' на 5 Гц ниже, чем у излучателя.

Теперь, наконец, желающие ознакомиться поближе с использованием в медицине поперечного эффекта Доплера могут приступить к чтению второй части данного раздела, где приведен полный текст вышеупомянутой статьи на английском языке. Заметим только, что приведенной ниже статье предшествовал развернутый доклад [1], сделанный двумя основными

авторами статьи (Dan Censor and Vernon L. Newhouse). На симпозиуме 1986 года они представили более детальные математические выкладки, которые не вошли в их статью 1987 года. Начинали же они еще в 1960-х годах и продолжали работать в течение нескольких десятилетий (посмотрите, например, их статью 1994 года [2]). В статье 2002 года [3] двумя другими авторами сделан обзор различных методик ультразвуковой диагностики, связанный с эффектом Доплера, в том числе, поперечным. Этот обзор основывается на списке источников, которым мы завершим первую часть данной веб-страницы.

1. D. Censor and V.L. Newhouse. *Theory Of Ultrasound Doppler-Spectra Velocimetry For Arbitrary Beam And Flow Configurations*. IEEE 1986 Ultrasonic Symposium, pp. 923–932.
2. Newhouse, V.L., Censor, D., Vontz, T. et al., *Ultrasound Doppler probing of flow estimation using two transducers and spectral width*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 41, 90–95 (1994).
3. Chih-Kuang Yeh and Pai-Chi Li. *Doppler Angle Estimation of Pulsatile Flows Using AR Modeling*. Ultrasonic Imaging 24, 135–146 (2002).
4. Jensen, J.A., *A new estimator for vector velocity estimation*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 48, 886–894 (2001).
5. Anderson, M.E., *Multi-dimensional velocity estimation with ultrasound using spatial quadrature*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 45, 852–861 (1998).
6. Bohs, L.N., Friemel, B.H. and Trahey, G.E., *Experimental velocity profiles and volumetric flow via two-dimensional speckle tracking*, Ultrasound Med. Biol. 21, 885–898 (1995).
7. Bohs, L.N., Geiman B.J., Anderson M.E. et al., *Ensemble tracking for 2D vector velocity measurement: experimental and initial clinical results*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 45, 912–924 (1998).
8. Tortoli P., Guidi G., Mariotti V. and Newhouse, V.L., *Experimental proof of Doppler bandwidth invariance*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 39, 196–203 (1992).
9. Tortoli P., Guidi G. and Newhouse V.L., *Improved blood velocity estimation using the maximum Doppler frequency*, Ultrasound Med. Biol. 21, 527–532 (1995).
10. Lee B.R., Chiang, H.K., Chou, Y.H., et al., *Implementation of spectral width Doppler in pulsatile flow measurements*, Ultrasound Med. Biol. 25, 1221–1227 (1999).
11. Li, P.C., Cheng, C.J. and Shen, C.C., *Doppler angle estimation using correlation*. IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 47, 188–196 (2000).
12. Yeh, C.K. and Li, P.C., *Doppler angle estimation using AR modeling*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 49, 683–692 (2002).
13. Kay, S.M., *Modern spectral estimation: Theory and application* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988).
14. Kerr, A.T. and Hunt, J.W., *A method for computer simulation of ultrasound Doppler color flow images – I. Theory and numerical method*, Ultrasound Med. Biol. 18, 861–872 (1992).
15. Evans, D.H., *Some aspects of the relationship between instantaneous volumetric blood flow and continuous wave Doppler ultrasound recordings III*, Ultrasound Med. Biol. 9, 617–623 (1982).
16. Jensen, J.A. *Estimation of blood velocity using ultrasound: A signal processing approach* (New York: Cambridge University Press, 1996).
17. Marasek, K. and Nowicki, A., *Comparison of the performance of 3maximum Doppler frequency estimators coupled with different spectral estimation methods*, Ultrasound Med. Biol. 20, 629–638 (1994).
18. Bascom, P.A.J., Cobbold, R.S.C., Routh, H.F. et al., *On the Doppler signal from a steady flow asymmetrical stenosis model: effects of turbulence*, Ultrasound Med. Biol. 19, 197–210 (1993).
19. Cloutier, G., Chen, D. and Durand L.-G., *Performance of time-frequency representation techniques to measure blood flow turbulence with pulsed-wave Doppler ultrasound*. Ultrasound Med. Biol. 27, 535–550 (2001).
20. Schlindwein, F.S. and Evans, D.H., *A real-time autoregressive spectrum analyzer for Doppler ultrasound signals*, Ultrasound Med. Biol. 15, 263–272 (1989).
21. Hein, I.A., *3-D flowvelocity vector estimationwith a triple-beamlens transducer experimental results*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr. 44, 85–89 (1997).

Ultrasound Doppler Probing of Flows Transverse with Respect to Beam Axis

IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING,
VOL. BME-34, No. 10, OCTOBER 1987, pp. 779 – 789

VERNON L. NEWHOUSE, FELLOW, IEEE, DAN CENSOR, THOMAS VONTZ, JOSE A. CISNEROS, AND
BARRY B. GOLDBERG

Abstract. It is an accepted fact that transverse Doppler effects of the first order in v/c are nonexistent for all physical wave phenomena, including acoustics, i.e., the Doppler effect is zero for

radiation normal to the direction of motion. However, this statement assumes that the incident field is a plane wave, which is not true in general for finite aperture sources. Consequently, the probing of flows transverse to the axis of finite diameter beams, particularly focused beams, is feasible. This geometry will be advantageous in many applications where the classical orientation of the sound beam, oblique to the flow, is not possible. With this motivation in mind, the theory and experimental feasibility of measuring Doppler spectra in transverse geometries is presently investigated.

The comparison of flow flux measurements, and measurements performed using a standard ultrasound pulsed Doppler system, show that flow normal to the axis of a focused transducer, can be measured with an accuracy comparable to that obtained with the conventional oblique orientation. The measured Doppler spectra are shown to agree well with theory.

Although the experiments have been performed for acoustical waves, the present results should also be applicable to electromagnetic systems.

Introduction

The simplistic (in the sense of incident plane wave) Doppler effect [1]–[3] has been applied to electromagnetic as well as acoustical waves. For a target with velocity v , the exact relativistic analysis for electromagnetic waves [2], [4], [5] in vacuum yields the same formula for the scattered frequency f_s as does the acoustic analysis, namely.

$$f_s = f \frac{\left(1 - \frac{v \cdot k}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v \cdot k_s}{c}\right)} \approx f \left(1 - \frac{v \cdot k}{c} + \frac{v \cdot k_s}{c}\right), \quad (1)$$

where k , k_s , is a unit vector in the direction of propagation of the incident, and the scattered field, respectively. Clearly, (1) reduces to the first-order expression commonly used, and demonstrates that for transverse waves, i.e., for waves at right angles to the motion where $v \cdot k = v \cdot k_s = 0$, we obtain $f_s = f$ and the Doppler effect vanishes [6]. For $k_s = -k$, the Doppler effect is doubled

$$f_s = f(1 - 2v \cdot k/c). \quad (1a)$$

The argument about the direction of transverse motion does not end with (1). In relativistic electrodynamics, second-order effects due to the aberration phenomenon may be detectable [7], [8]. Arguments of this kind led to a consensus that the detection of transverse motion, especially in mechanical systems, e.g., acoustics, is impossible. However, this argument only applies to incident plane waves of infinite extent, whereas in real life, we usually encounter beams of finite width. Because the decomposition of the beam field involves plane waves which are oblique with respect to the axis, or in other words, due to the inhomogeneous field in the cross section of the beam, we might still be able to measure motion transverse to the beam axis. Even stronger effects should be obtainable with focused beams where the spatial gradient of the field is large in the focal region. In an earlier study [9] based on geometrical ray arguments, it has been shown that the breadth of the Doppler output spectrum was dependent on the angles made by the outer rays of the illuminating sound beam with the flow direction. In the present study, using a more rigorous diffraction theory, this result is shown to hold true even when the flow direction is at right angles to the beam axis. Note that the results of the present paper which demonstrate that Doppler signals are produced by laminar flow normal to the axis of a focused transducer, should not be confused with recent studies [10], [11] in which transducers oriented at right angles to blood vessels are used to obtain Doppler signals from vortices. In that case, the Doppler signals result mainly from the flow components which are not normal to the beam axis.

The present study is anchored by the experimental work of Cisneros [12], for which a theoretical model is devised and analyzed. The first geometry analyzed is that of a two-dimensional strip transducer. This provides results which can be interpreted in terms of geometrical or ray acoustics and used to qualitatively explain our experimental results [13]. This is followed by a more complex analysis of the more realistic case of a cylindrical transducer which gives results in quantitative agreement with experiment.

The theory given below shows that the echo amplitude spectral density (i.e., the square root of the power spectral density) expected from a two-dimensional long strip aperture beam, focused on particles moving with velocity v normal to the beam direction, has a triangular shape. The peak of this spectrum (shown in Fig. 4) is at $\omega = 2\pi f$ where f is the transmitted frequency, and the extrema are at $\omega[1 \pm \gamma] = \omega[1 \pm (v/c)](W/F)$ where W is the width of the transducer and the focal length $F \gg W$.

The experiments reported here [12] used a circular aperture transducer, for which our theory predicts an echo spectrum of the same bandwidth, but having the shape of a "rounded" triangle, shown in Fig. 7, again centered on the (angular) frequency ω . The experimental results agree with the numerical results based on theory, within the accuracy expected from the approximations that were made. Note also that Bascom et al. [14] have recently numerically computed a spectrum of similar symmetry and shape for the case of a continuous Doppler system irradiating transverse flow in the near field of a circular aperture.

The effects reported here, namely the ability to make Doppler flow measurements of flow normal to the beam axis, are of first order in v/c and are therefore significant for other branches of wave physics, e.g., electromagnetic waves, in similar configurations.

Two-dimensional analysis

As explained above, the simplest model of the problem which provides physical insight, involves a strip transducer $-\infty < \eta < +\infty$ defined at $z = 0$ and $-W/2 < \xi < W/2$ (see Fig. 1).

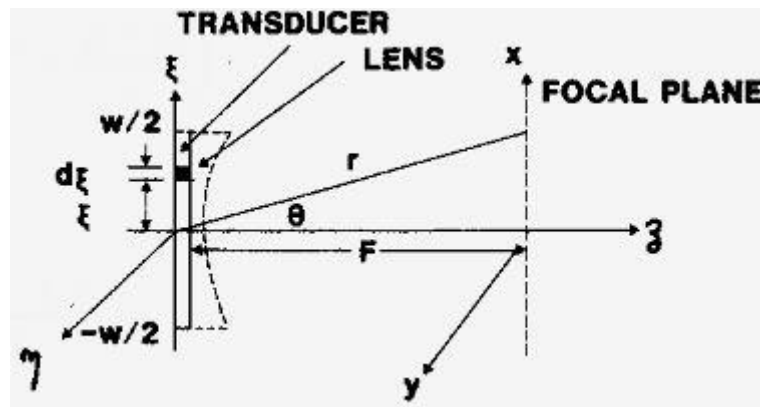


Fig. 1. Geometry of the problem.

For harmonic waves, any acoustical field parameter (the acoustical pressure, say) must satisfy the Helmholtz wave equation.

$$(\nabla^2 + k^2)\phi = 0, \quad k = \omega/c, \quad (2)$$

where c is the speed of sound. Consider a line source element $d\xi$; $-\infty < \eta < +\infty$ producing at large distances a field which is omnidirectional in the xz plane

$$d\phi = \frac{d\xi K}{\sqrt{\rho}} \exp(ik\rho - i\omega t). \quad (3)$$

This is the asymptotic solution of (2) in the far field $kp \gg 1$ with a proportionality factor K , and

$$\begin{aligned} \rho^2 &= (x - \xi)^2 + z^2 = [(r \sin \theta - \xi)^2 + z^2] \\ &\approx (r - \xi \sin \theta)^2 \end{aligned} \quad (4)$$

(see Fig. 1). The total field produced by the transducer is, [16]:

$$\begin{aligned} \phi &= K \frac{\exp(ikr - i\omega t)}{\sqrt{r}} \int_{-W/2}^{W/2} \exp(-ik\xi \sin \theta) d\xi \\ &= KW \frac{\exp(ikr - i\omega t)}{\sqrt{r}} \operatorname{sinc}\left(k \frac{W}{2} \sin \theta\right) \end{aligned} \quad (5)$$

where K is a constant of proportionality and $\operatorname{sinc} A = (\sin A) / A$. Due to the presence of the converging lens in front of the transducer (Fig. 1), all rays at a given angle θ converge at a point x in the focal plane. This justifies the use of the above far field forms for the geometry of a focused transducer. Neglecting lens end effects (vignetting) and assuming that the dimensions of the region of interest in the focal plane are small compared to the focal length F , we have a transformation (see Fig. 2)

$$\sin \theta \approx \theta \approx x/F \quad (6)$$

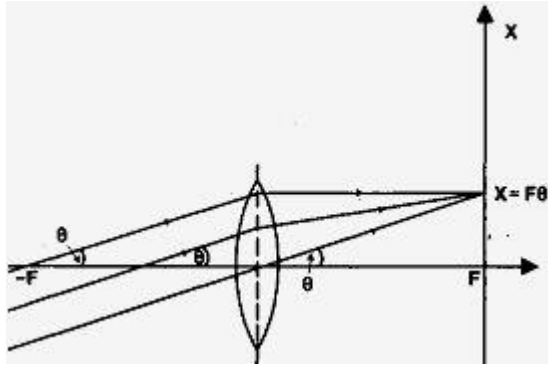


Fig. 2. Transformation of ray angles into distance in the focal plane.

It follows that (5) is approximately given by

$$\phi = K' \operatorname{sinc} \left(\frac{\omega W x}{2cF} \right) e^{-i\omega t} \quad (7)$$

where $r = F$ in (5), and other terms are absorbed into the new constant K' .

We consider now a stream of scatterers moving in the focal plane with velocity v in the x direction. These small, three-dimensional particles move through the line focus $x = 0$, $z = F$, and arbitrary y . Since the transducer (now acting as receiver) is infinite in the y direction, its response to scattering from a point particle, after integration from $y = -\infty$ to $y = +\infty$, is independent of y . Inasmuch as the coordinate y of the particles is irrelevant, we may assume, without lack of generality, that particles are continuously distributed along the y direction. In other words, the situation is equivalent to having thin line "particles" aligned in the y direction. These two-dimensional line particles constitute omnidirectional monopole scatterers radiating in the far field according to

$$\frac{a_o(k')}{\sqrt{r'}} \exp(ik'r' - i\omega't), \quad k' = \omega'/c \quad (8)$$

where $a_o(k')$ is a coefficient depending on the excitation frequency ω' , and r' is the distance from the monopole. The line particle is moving according to

$$x = vt \quad (9)$$

where the time origin has been arbitrarily chosen as $t = 0$. Hence, the excitation field is given by (9) substituted into (7):

$$\begin{aligned} \phi &= K' \operatorname{sinc} \left(\frac{\omega W vt}{2cF} \right) e^{-i\omega t} \\ &= K'' \int_{\omega(1-\gamma/2)}^{\omega(1+\gamma/2)} e^{-i\omega't} d\omega' \end{aligned} \quad (10)$$

with $\gamma = (v/c) (W/F)$. Here we have again substituted $r' = F$, and the integrand of (10) also displays the spectrum (i.e., the Fourier transform) of the excitation field depicted in Fig. 3; here K'' is another constant factor. Note that the boundaries of the spectrum of (10), as shown by the limits of the integral, are identical to the Doppler shifts of the rays emanating from the edges of the transducer and received by a scatterer moving through the focus $z = F$, $x = 0$ at velocity v along the x axis. For example, the rays emanating from the transducer edges $\xi = \pm W/2$ produce Doppler shifts $\pm\omega\gamma/2 = \pm(\omega v/c) \cos \alpha$, where α is the angle subtended by the velocity v and these rays. From (8) and (10) the back-scattered field reaching the transducer (now operating as receiver) at $z = 0$, is given by

$$\frac{K''}{\sqrt{F}} \int_{\omega(1-\gamma/2)}^{\omega(1+\gamma/2)} a_o(k') e^{-i\omega't'} d\omega' \quad (11)$$

where $t' = t - F/c$ is the retarded time and K'' is the same factor as in (10). This spectrum is identical to (10), provided $a_o(k')$ in the band $\omega(1 - \gamma/2) \leq \omega' \leq \omega(1 + \gamma/2)$ is well approximated by a constant $a_o(k)$ at the central frequency.

We are now interested in computing the total field intercepted by the receiver. There are two equivalent methods to approach this problem. The more obvious is to say that since we have

demonstrated that an argument based on diffraction of waves leads to (10), but since this result could also be reached by computing the Doppler effects due to rays coming from various directions, therefore we are free to use a ray argument to compute the cumulative response of all parts of the receiver [13]. A more general way of looking at the problem is by invoking the principle of reciprocity. This states that if a single frequency at the transducer (acting as transmitter) excites a moving scatterer going through the focus according to the spectrum of (10) and Fig. 3, then this object, if acting as a transmitter at frequency ω' , will produce the same spectrum at the extended receiver. In other words, a moving source emitting a frequency ω' , passing through the sine function radiation pattern lobes of the receiving transducer, produces an amplitude modulated response in the receiver, having exactly the rectangular spectrum of Fig. 3.

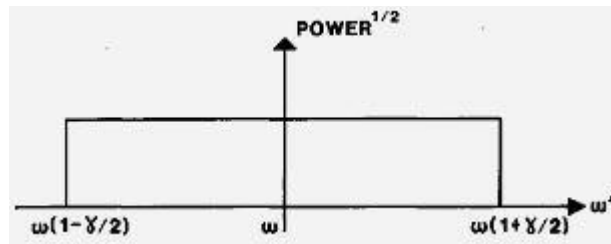


Fig. 3. Shape of amplitude spectral density function for the field exciting the particles moving through the focus. This is also the spectrum received at the center of the transducer (now acting as receiver) due to a moving line particle transmitting at a single frequency ω' .

Thus, we obtain

$$\begin{aligned}
 \phi_s &= k^{(3)} \int_{\omega(1-\gamma/2)}^{\omega(1+\gamma/2)} d\omega' \int_{-W/2}^{W/2} d\xi \\
 &\quad \cdot \exp[-i\omega't'(1 - \xi v/Fc)] \\
 &= k^{(3)} \int_{\omega(1-\gamma/2)}^{\omega(1+\gamma/2)} d\omega' e^{-i\omega't'} \int_{-W/2}^{W/2} d\xi \\
 &\quad \cdot \exp(i\omega't'\xi v/Fc) \\
 &\approx k^{(4)} \left[\int_{\omega(1-\gamma/2)}^{\omega(1+\gamma/2)} d\omega' e^{-i\omega't'} \right]^2
 \end{aligned} \tag{12}$$

where $k^{(3)}$, $k^{(4)}$ are new constants, $\xi v/Fc = k_s \cdot v/c$ according to (1), and we have approximated $\omega' = \omega$ in the second integral because the exponent is already of first order in v/c and only first-order effects in v/c are significant. The two integrals are now independent. The pressure ϕ_s (12), is seen to be proportional to

$$e^{-i\omega t'} \text{sinc}^2 \left(\omega t' \frac{v}{c} \frac{W}{2F} \right) \tag{13}$$

The amplitude spectrum corresponding to this time domain waveform is obtained by convolving the spectrum of Fig. 3 with itself and has a triangular shape as shown in Fig. 4, with extremal Doppler frequency shifts of

$$\pm \omega \frac{v}{c} \frac{W}{F} = \pm \omega \gamma. \tag{14}$$

In continuous Doppler systems, the echo is multiplied by the reference frequency and low-pass filtered, which has the effect of down-shifting it so that the system output echo has the same triangular shaped spectrum, but now centered on zero frequency.

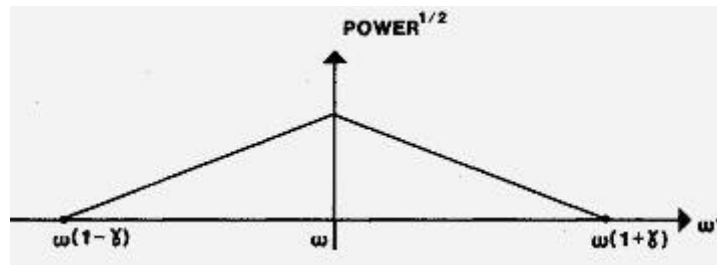


Fig. 4. Amplitude spectrum corresponding to (13) of the signal obtained by a strip transducer of infinite length, width W , and focal length F , observing a transverse flow of velocity v , $\gamma = (v/c)(W/F)$.

The above analysis was for a single particle, (whether point or line particle). The contributions from many particles, having arbitrary time origins t_0 , instead of $t_0 = 0$ as in (9), add incoherently. This means that we have to add the ordinates of the corresponding power spectral density function. Since the power spectral density function is identical for all particles, it follows that the total echo amplitude spectrum (obtained by taking the square root of the combined power spectral density function) again has the triangular shape of Fig. 4. The same is true for the system output spectrum. Note that if the scatterers passing through the focus exhibit a range of velocities, the spectrum will lose its triangular shape, but (14) will still be valid for the extremal frequencies provided that v is now interpreted as the maximum particle velocity.

Three-dimensional considerations

The above calculations were performed for an idealized infinite strip transducer, with the justification that this geometry leads to simple results and can be approximated by finite length strip transducers. We now consider the mathematically more complex, but physically more realistic case of the uniform circular aperture transducer. This three-dimensional geometry, involving a uniform circular aperture of radius b_0 , produces the field (see Fig. 5).

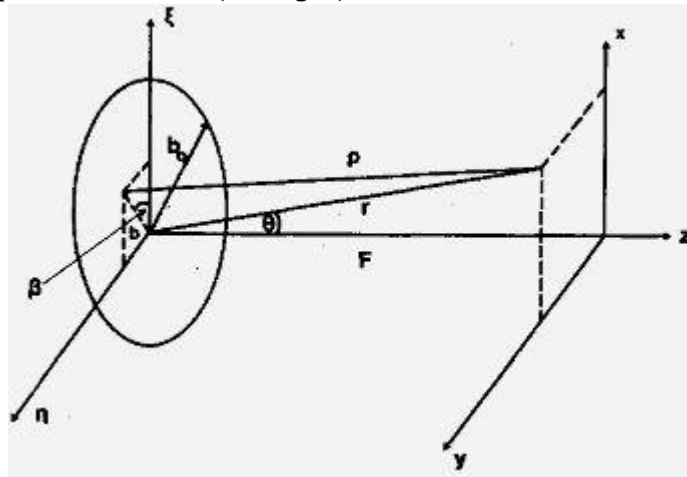


Fig. 5. Geometry of the circular aperture transducer.

$$\begin{aligned}\phi &= K \int_0^{b_0} db \int_0^{2\pi} b d\beta \frac{e^{ik\rho}}{\rho} \\ &\approx K \frac{e^{ikr}}{r} \int_0^{b_0} db \int_0^{2\pi} b d\beta \exp(-ikb \cos \beta \sin \theta) \\ \rho &= [(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + z^2]^{1/2}.\end{aligned}\quad (15)$$

For an arbitrary point x, y we should have in (15) $\cos(\beta - \varphi)$ where $\tan \varphi = y/x$ (see Fig. 5). Here $\rho = (r^2 - 2br \cos \beta \sin \theta)^{1/2} \approx r - b \cos \beta \sin \theta$

has been chosen for a point $y = 0$ in the focal plane. Because of the circular symmetry of the problem the choice of $\varphi = 0$ does not affect the generality of the argument. From (15) we obtain the Fourier transform of the aperture function (i.e., the Fraunhofer approximation) [17], [18]

$$\phi = 2\pi K b_0^2 \frac{e^{ikr}}{r} \frac{J_1(b_0 k \sin \theta)}{b_0 k \sin \theta} \quad (16)$$

where J_1 is the nonsingular Bessel function of the first order and

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{v^2 t^2 + y^2}}{\sqrt{v^2 t^2 + y^2 + F^2}} \quad (17)$$

into which the velocity in the x direction has been substituted. For $r = F$, the focal distance, and K' absorbing all extra terms, we have the field exciting the particles given by

$$\phi = K' \left[\frac{J_1 \left(b_0 k \frac{\sqrt{v^2 t^2 + y^2}}{\sqrt{v^2 t^2 + y^2 + F^2}} \right)}{b_0 k \frac{\sqrt{v^2 t^2 + y^2}}{\sqrt{v^2 t^2 + y^2 + F^2}}} \right] e^{i-\omega t}. \quad (18)$$

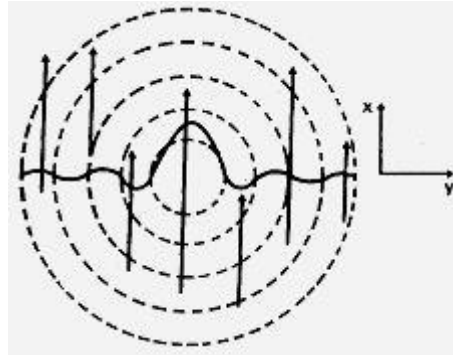


Fig. 6. Sketch of the field in the focal region of the circular aperture transducer. Dashed circles denote zero pressure, arrows denote particle trajectories.

Obviously, the field exciting a particle depends on its off center distance y from the beam axis $x = 0$, $y = 0$. (See sketch of field in Fig. 6.) Clearly, a particle moving off the beam axis at large y will go through less pronounced modulation of the field. Consequently, the spectrum associated with this particle, as well as the spectrum produced at the receiver due to this particle, has a narrower profile. This will not affect the edges of the spectrum, Fig. 4, but will cause a peaking of the profile at the central frequency ω . The expression in brackets in (18) corresponds to $\text{sinc}(\omega W t / 2cF)$ in (10). The spectrum associated with (18) is obtained by integrating from $-\infty$ to $+\infty$ with respect to t , which corresponds to a Fourier integral. This is indicated by $\mathfrak{F}$, i.e., we obtain

$$\mathfrak{F} \left[\frac{J_1 \left(b_0 k \frac{\sqrt{v^2 t^2 + y^2}}{\sqrt{v^2 t^2 + y^2 + F^2}} \right)}{b_0 k \frac{\sqrt{v^2 t^2 + y^2}}{\sqrt{v^2 t^2 + y^2 + F^2}}} \right] = f(\omega, y). \quad (19)$$

By the argument given above, based on reciprocity considerations, the spectrum received at the extended transducer is obtained by convolving (19) with itself. This is a function of frequency ω' , and y , the off-center distance. Finally, we have to add the power spectral densities, i.e., square and integral over all y . The amplitude spectral density function corresponding to the voltage obtained at the output of the receiver is given by the square root, i.e.,

$$g(\omega) = \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} dy \left[\int_{-\infty}^{+\infty} d\nu f(\omega, y) \cdot f(\omega - \nu, y) \right]^2 \right\}^{1/2}. \quad (20)$$

The expressions (19), (20) have been numerically evaluated using the following parameters:

$$W = 2b_0 = 0.01 \text{ m},$$

$$\nu = 0.5 \text{ m/s},$$

$$F = 0.02 \text{ m},$$

$$\omega_0 = 5.0 \text{ MHz},$$

$$c = 1540 \text{ m/s}.$$

Fig. 7(a) shows the resulting exciting beam intensity seen by scatterers with different offsets from the beam axis, i.e., the square of the expression in brackets in (18) for different y values. Fig. 7(b) are the Fourier transforms of Fig. 7(a) corresponding to the echo spectra due to scatterers having specified offsets, that is (19) convolved with itself, for different y values. It can be seen that the contributions of particle trajectories outside the main lobe (in this example, y_4 and y_5) are very small, so that later on, the integration will extend over a few Fresnel zones only. Neglecting higher zones does not produce significant errors. Note that the maximal bandwidth is received only for particles passing through the beam center, trajectories with a larger offset produce narrower spectra.

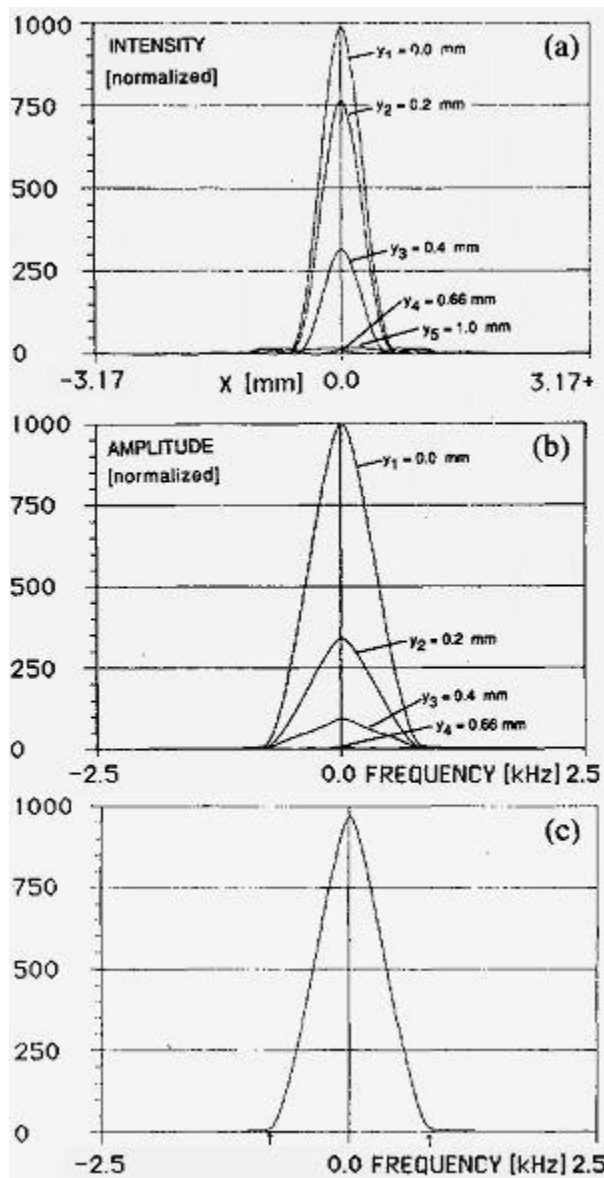


Fig. 7. Amplitude spectra for circular aperture, numerical calculation, (a) Beam intensity [i.e., the square of the term in brackets in (18)] for different y values, seen by scatterers moving at various offsets from the beam axis, (b) Fourier transforms of Fig. 7(a) corresponding to the echo spectra for the different scatterer offsets, (c) Amplitude spectrum for a circular aperture transducer, insonifying uniformly distributed scatterers moving in the focal plane. The arrows indicate the extremal frequencies given by (14).

The final result, namely the calculated spectrum for a circular transducer (20) insonifying uniformly distributed scatterers moving on a plane through the focus, is presented in Fig. 7(c). Numerical integration was performed over the first five Fresnel zones. The extremal frequencies, which should be identical to the corresponding case as derived above for the infinite strip transducer using (15) ($\pm \omega_0 (v/c)(W/F) = \pm 811$ Hz), are indicated by arrows. The nonvanishing of the spectrum slightly outside ± 811 Hz is probably due to computational errors. Since all functions must be calculated for discrete parameter increments, they appear for the computer program as having a staircase pattern instead of a smooth curve. Consequently, the Fourier transform yields for this pattern additional high-frequency components. We expect that noise in a real system will have somewhat the same effect, causing some blurring of the extremal frequencies and rounding the theoretical sharp spectrum edges. This introduces difficulties in determining the edge frequencies (see experimental results). As mentioned above, Bascom, Cobbold, and Roelofs [14] recently derived results based on geometrical considerations and computer simulation. Their results are in agreement with our conclusions.

Experimental procedures

Experiments designed to verify the theory using commercially available equipment were performed [12], observing continuous and pulsatile flows. The flow model preparation consisted of a plastic tank containing a semirigid plastic tube with an internal diameter of 7.9 mm, i.e., a cross-sectional area of 0.49 cm² and 1.5 m long. This was connected to a plastic reservoir containing 3 l of blood-simulating mixture of water and glycerol, seeded with chromatography cellulose powder. Flow passed through the tube from an upper to a lower reservoir, with a pump being used to return the fluid to the upper reservoir, thus maintaining a constant fluid level in the top reservoir. For continuous flow, the flow rate was regulated by changing the height of the top reservoir. Timed volume measurements were performed in order to calibrate the flow rate as a function of the height of the top reservoir. From this the average velocity has been computed. For pulsatile flow experiments, a latex tube having the same internal diameter and length was used. A Harvard instruments pump was connected between the top reservoir and the water tank. This pump operated in a pulsatile pattern, and was adjusted to generate waveforms similar to those in the common carotid.

The flow of blood simulating mixtures through plastic tubes was probed by means of a standard ultrasonic medical "Duplex" system which could be switched from imaging to Doppler velocity measurement without changing the transducer position. The Duplex instrumentation consisted of a Technicare Auto Sector which had a built-in spectrum analyzer. This was operated with a mechanical rotating transducer assembly (probe model 1106D) containing three transducer elements, one of them a Doppler optimized single crystal element. Imaging was performed with 7.5 MHz, image optimized single crystal transducer elements in a rotating assembly designed for real-time sectoral imaging. Doppler signals were obtained in the pulsed mode, using a repetition frequency of 15 kHz. The Doppler transducer had a crystal diameter of 11 mm and, according to the manufacturer's specifications, a beam entrance diameter of 8.5 mm. The center frequency of the transducer was 4.55 MHz, with a percent bandwidth of 20 percent, and a range cell of 1 mm length. The focal distance F of the transducer was 22 mm and at this location the beam width was 1.7 mm, which constitutes the lateral dimensions of the range cell.

The high-pass filter of the spectrum analyzer of the Duplex system had a cutoff frequency of 60 Hz. This analyzer had a 60 Hz update rate, taking 128 samples for directional analysis of the Doppler signals. The Duplex system could provide displays of the power spectra, that is, of the frequency versus the power. Typical individual power spectra for pulsatile flow through a rigid tube are shown in Figs. 8 (a) and (b) for beam angles of 60° and 90°, respectively, relative to the flow direction. Note the upper left-hand portion of these pictures, displaying a *B-mode* image of the flow tube, with the direction of the sound beam indicated by a line. These images were used to orient the transducer beam at right angles to the tube wall, and thus also to the flow. Displays of frequency spectra versus time, with frequency vertical, time horizontal, and with the spectrum amplitude represented by a grey-scale, are shown at the bottom of these two figures, for pulsatile flow having approximately one cycle/s. Two modes of displaying spectra are shown in the top right-hand corners of the figures. Fig. 8(a) shows several superimposed spectra each of which is composed of a series of dots, for that portion of the flow cycle corresponding to the right-hand edge of the bottom temporal spectral display. The top right-hand corner of Fig. 8(b) shows a single spectrum for flow receding from the transducer, in which the sample points are connected by lines. The time of this spectrum corresponds to the vertical line in the bottom display.

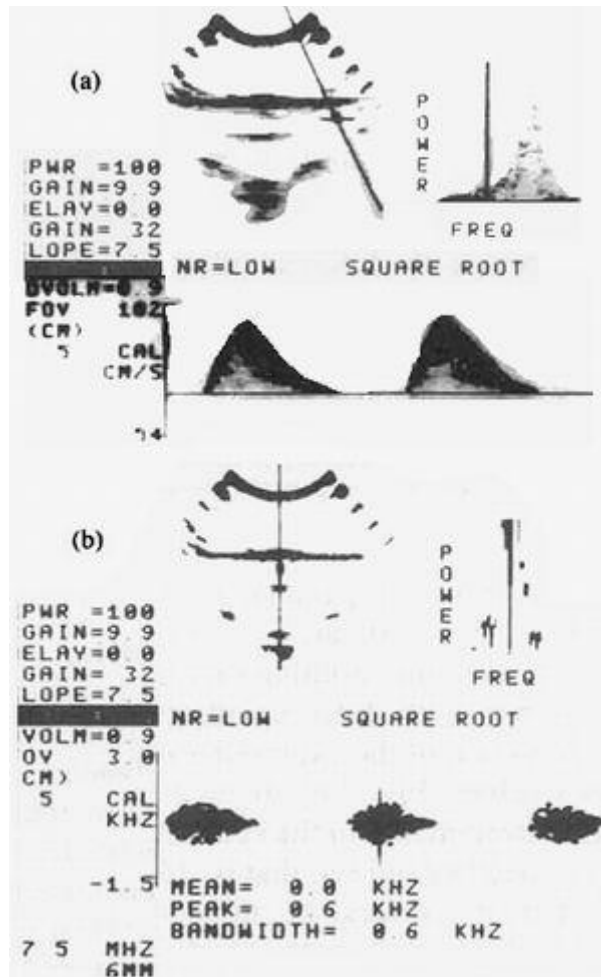


Fig. 8. B-mode flow tube images, individual amplitude spectra, and flow displays for pulsatile flow of approximately one pulse/s. (a) Beam angle at 60° to flow (b) Beam angle at 90° to flow.

For experiments comparing transverse and oblique flow measurement to time-volume measurements we used the ability of the spectrum analyzer to display graphically and numerically the "peak frequency" of the individual spectra, defined as that frequency which includes 95 percent of the signal power. The graphical display of the individual peak frequencies was used to display pulsatile flow velocities normal to the sound beam, as will be discussed in connection with Fig. 11 below. The numerical display of the individual peak frequencies was used to estimate the velocity of continuous flow normal to the sound beam as discussed in the next section in connection with Fig. 10. The peak frequency estimates produced by our Duplex system are dependent on the setting of an amplitude threshold control which is designed to eliminate system noise. Thus, if this threshold is set too low, the peak frequency estimates will be too high or vice versa. For the present experiments, we used the machine preset level. The spectrum analyzer could also calculate and display the mean frequency of each individual spectrum. These frequencies were used to calculate the average range cell velocity from spectra obtained using traditional beam-to-flow angles of less than 90°.

Another set of experiments was performed to examine the degree of agreement between the theoretically predicted spectrum shape [Fig. 7(c)] and the actual spectrum shape [Fig. 9(a)]. Because there is a large variance in the individual spectra, these had first to be time averaged to be able to compare them to theory.

This was accomplished by using a separate programmable waveform analyzer (Data-6000, Data Precision), instead of the nonadjustable spectrum analyzer of the Duplex scanner, to perform Fourier transformation of the Doppler output time-signals and to do spectrum-averaging. These time-signals were provided by the two channel audio-output of the Doppler unit, corresponding to "forward" and "reverse" flow. They were recorded on a high-fidelity VCR before processing with the Data-6000. A comparison between the spectra obtained by using either the actual or the recorded signal showed no observable difference. Thus, we are confident that the recording fidelity was satisfactory.

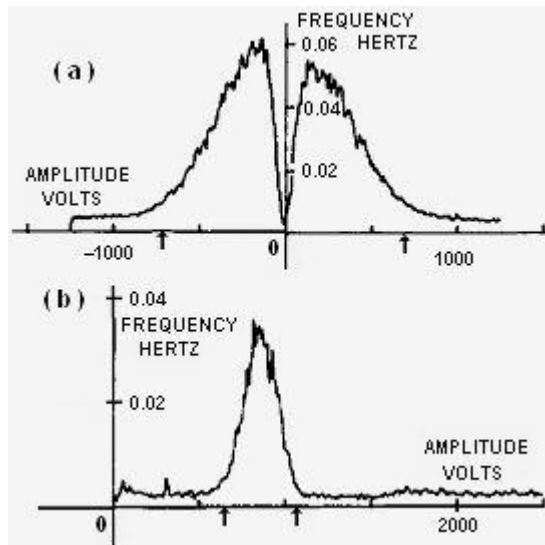


Fig. 9. Experimental amplitude spectra, time-averaged with the Data-6000 waveform analyzer, for a flow velocity of 30 cm/s. Averaging was performed by adding up 100 successive spectra which corresponds to a 10.24 s time period signal (each spectrum was formed from 512, 8-bit samples at 200 μ s intervals), (a) Transducer beam axis nearly normal to flow direction, (b) Beam angle at 60° to flow. The arrows in this figure denote the theoretically (for single velocity!) calculated extremal frequencies.

By choosing the appropriate time-base and number of sample-points we achieved a much better spectral resolution for the transverse Doppler signals whose frequencies are normally below 1 kHz than would have been obtained with the built-in analyzer of the Duplex system. The latter is designed to be fast and therefore delivers only a few spectrum points in the frequency range below 1 kHz.

Averaging was performed by adding up 100 successive spectra which corresponds to a 10.24 s time period signal (each spectrum was formed from 512, 8 bit samples at 200 μ s. intervals. Each channel signal was analyzed separately, resulting in two 256 point spectra which were then combined into the final spectrum, consisting of 512 points.

Experimental results

Experiments were performed to verify the theoretically predicted transverse flow spectrum shape and to investigate the feasibility of using the spectral width for measuring continuous and pulsatile flows. It has been shown above that for an infinite strip transducer the expected shape for the amplitude spectrum is triangular, and that the extremal Doppler shifts are $\pm\omega(v/c)(W/F)$. Furthermore, the same extremal frequencies were shown to occur for a circular transducer of diameter W .

Experimental spectra for continuous flow taken with the 1 mm range cell on the axis of the flow tube are shown in Fig. 9. These have been time-averaged with the Data-6000 waveform analyzer and their shapes verify the theoretical predictions of Fig. 7(c) for single velocity flow insonified by a circular aperture transducer, in so far as they exhibit a similar shape, although riding on a "noise pedestal" due to system noise. (Since both the spectrum and system noise are uncorrelated processes, the Doppler and noise spectrum power are additive.) The extremal frequencies predicted by (14) are shown by arrows. These are a little closer together than the apparent width of the spectrum, which may be due to spectral broadening effects that will be discussed in a later paper. The indentation near zero frequency is due to the effect of the wall filter. Fig. 9(b) shows a spectrum for oblique incidence where no wall filter effect occurs and that shape is a "nice" triangle as expected. The derivation for the calculation of the bandwidth for this kind of spectra will be presented in a later paper. The arrows in this figure denote the theoretically (for single velocity!) calculated extremal frequencies.

When comparing the extremal frequencies of the averaged spectra to theory, we have to expect the same uncertainty caused by the arbitrary setting of the noise rejection threshold as those encountered in connection with the peak frequency estimator of the Duplex system. That is, the noise threshold of the estimator has to be set manually above the noise-level, i.e., for poor SNR it may not be clear whether the true highest frequency already lies in the noise region of the spectrum and the estimated peak-frequency is or is not too low. For the averaged spectra, the peak-frequency was determined in two ways:

a) The noise-level was estimated by inspection and the frequency with an amplitude above this level was chosen as "peak."

b) The averaged spectrum was fitted to the nearly triangular shape expected from theory and the crossing over of the triangle side on the frequency axis was used as peak. These estimated peak frequencies ranged from about 20 percent to 30 percent above those calculated by (14). In general, our experiments showed that even for arbitrarily chosen noise rejection thresholds, the bandwidth is proportional to the flow velocity.

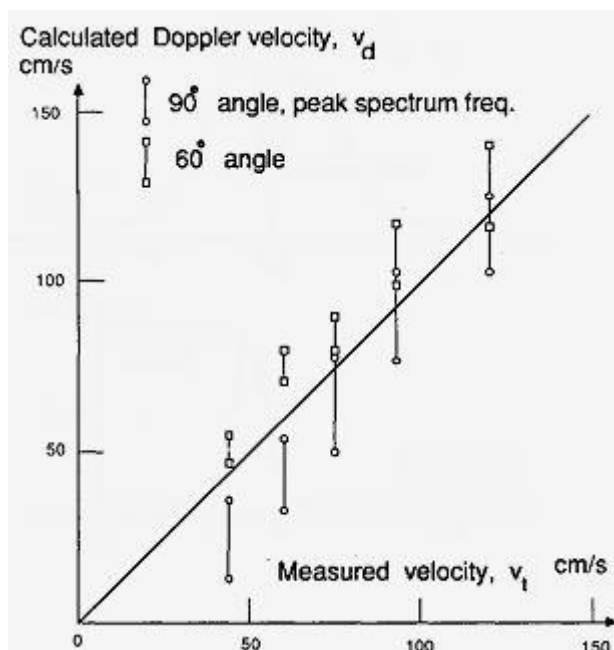


Fig. 10. Comparison of axial velocity v_l derived from timed volume experiments with the Doppler estimated axial velocity v_d .

The fact that the shape and width of our averaged spectra agree with theory does not however guarantee that the bandwidth of unaveraged spectra can be estimated accurately and rapidly enough by the Duplex maximum frequency estimator for the results to be clinically useful. To test this estimator circuit, Doppler spectra for continuous flow were measured with both 90° and 60° beam-to-flow angles, using the instrumentation described above. For these experiments the measurement volumes were placed on the axis of the flow vessel, and far enough from the entry port, so that the velocity profile could be assumed to be parabolic. Under these circumstances, the maximum velocity within the range cell will be the axial velocity which is known to equal twice the average flow velocity. The average flow velocity for these experiments was determined, as mentioned above, by measuring the quantity of fluid passing through the tube in a known time. For each of five different velocities, using the 90° orientation, three to seven different values of the "peak" spectral frequency were measured using the built in spectral analyzer. The velocities calculated from these frequencies using (14) are plotted against the axial velocity calculated from the mechanically measured average velocity in Fig. 10. Using the classical 60° transducer orientation, the spectrum analyzer was used to calculate the mean spectral frequency, for three to seven individual spectra taken at each of the five velocities used in the 90° experiments. From these mean frequencies, the corresponding tube axial velocities were calculated using the standard Doppler equation

$$f_d = 2 f_0 (v/c) \cos \theta$$

[i.e., (1a) approximated to first order in v/c] where θ is the angle between the beam axis and the flow velocity, and f_0 and f_d are respectively the transmitted frequency and the Doppler output frequency f_0 and f_d . These "60 degree" Doppler velocities are also plotted in Fig. 10 against the axial velocities calculated from the mechanically measured flows. Examination of this figure shows that the velocities estimated from the extremal frequencies of the 90° orientation spectra are nearly as accurate as those estimated from the mean frequencies of the 60° orientation spectra. It appears that the scatter of the 90° extremal frequencies are somewhat worse than that of the 60° orientation mean frequencies.

Using the maximum frequency display of the Technicare system, it was possible to display the axial velocity for pulsed flow, using the 90° beam-flow orientation. However, for moderate pulsatile flow velocities, it was found that the Technicare system could only display the waveform during the "systolic" part of the pump cycle, since the Doppler shifts produced during the "diastole" when the pump delivered constant velocity flow, were too low for the system to process and display. Presumably, this was due to the high-pass filter cutoff occurring at 60 Hz. (The wall Doppler echo rejection filters of the Duplex system had been turned off for these experiments.) *In vivo* pulsatile flow displays of the common carotis, computed with the "maximum frequency" estimator of the Technicare system are shown in Fig. 11. This picture is included to demonstrate the different effects caused by axial and radial

flow with a 90° or near 90° angle between the beam and flow axes. The positive and negative axes of this display represent approaching and receding flow directions, respectively. For axial pulsatile flow normal to the beam, the maximum frequency tracings are roughly symmetrical with respect to the horizontal time axis.

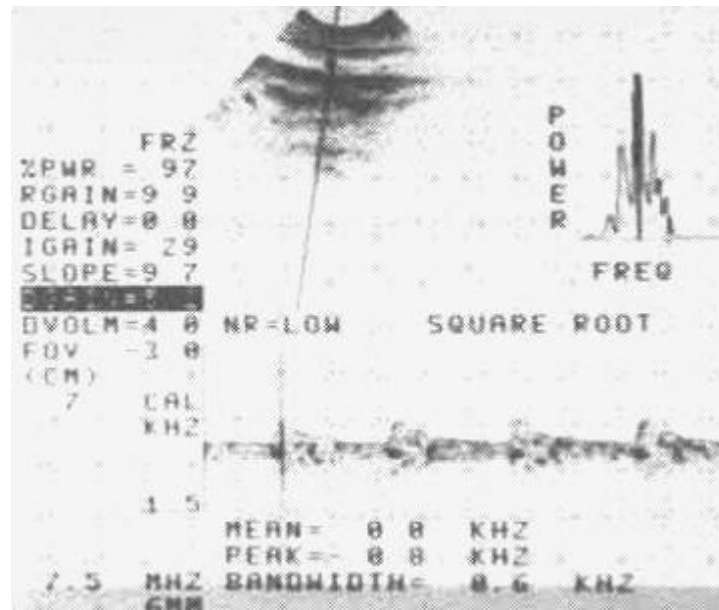


Fig. 11. B-mode image, individual spectrum, and pulsed flow display for a common carotis with a tracing computed with the maximum frequency estimator circuit of the Technicare system. Transducer beam axis nearly normal to flow direction.

Summary and discussion

This paper has calculated theoretically that pulsed directional Doppler systems emitting focused beams normal to the direction of a flow produce simultaneous symmetrical "approaching flow" and "receding flow" Doppler spectra which peak at zero frequency and whose extremal frequencies are proportional to the maximum velocity in the range cell which is assumed to coincide with the beam focus. The theory predicted a slightly rounded triangular shape for the spectrum produced by a circular aperture transducer with the spectral bandwidth

$$\Delta f = \frac{2\omega}{2\pi} \frac{v}{c} \frac{W}{F} = \frac{2vW}{F\lambda}. \quad (21)$$

Note that this bandwidth calculated here using diffraction theory, agrees closely with that calculated for arbitrary beam-to-flow angles using the ray approximation [9].

With a waveform analyzer and averaging techniques, we compared experimental and calculated spectral shape, finding good agreement. The discrepancies are believed to be due to bubble noise and finite bandwidth effects which will be considered in the future.

Note also that the spectral bandwidth of the Doppler system output signal and of the received echo are the same, and that the inverse of this bandwidth corresponds to the width τ of the autocorrelation function of these signals. Thus, we can define a signal coherence time τ using the distance between the zeros of the main lobe of the sinc^2 function (13), i.e., $(\check{W}\nu\tau)/(2cF) = 2\Delta$. This yields

$$\tau = \frac{2F\lambda}{Wv}, \quad (22)$$

which is naturally of the same order of magnitude as $1/\Delta f$. From (7), we see that the coherence time is approximately equal to the scatterer transit time across the beam focus. Since for time intervals greater than the coherence time, the echo and output signals lose coherence, we see that τ also equals the average time between zero crossings of the output Doppler signals. Thus, instead of using the spectral bandwidth of the output signal to estimate velocity, one could have used its average zero-crossing interval. Alternatively, we could have used the average time interval at which the envelope of the echo crosses its mean value which can also be seen to be equal to τ . This latter method was in fact

demonstrated by Atkinson [19], [20]. Atkinson viewed his technique as estimating velocity through the "fading rate" of the fluid echo, and derived an expression for the echo coherence time essentially identical to (22), except for a numerical constant. From this point of view, our methods are equivalent, but the spectral properties of the Doppler signal contains additional information, and also provides a convenient transition to the estimation of nontransverse flows. This is illustrated by Fig. 8(a) where the spectrum analysis method is seen to be usable for both transverse and non-transverse flow estimation.

This paper has also shown that with a commercially available Duplex system insonifying continuous flow through rigid tubes, it is possible, using the maximum frequencies of the obtained spectra, to estimate the flow velocity with an accuracy similar to that obtained when the flow velocity is estimated with the traditional Doppler acute angle beam-to-flow orientation. By displaying the continuously calculated "maximum frequency" of the 90° orientation spectra it was found possible to track pulsatile flow velocities, although lower velocity portions of the flow cycle might be unobservable due to the 60 Hz filter of the Duplex system.

The results of this paper, summarized above, show that real time Doppler flow measurements are possible even when the sound beam is at right angles to the flow direction, and that the maximum velocity in the range cell can be calculated from the maximum frequency of the spectrum produced by a conventional directional pulsed Doppler system. Pulsatile flow can also be measured, using a system which continuously computes and displays the maximum Doppler spectral frequency. An advantage of the use of the 90° orientation is that it should allow access to blood vessels in positions which cannot be accessed with the conventional orientation of the transducer. A disadvantage of the new technique is that the Doppler frequencies produced are much lower than usual, and tend to fall into the regions of frequency which are filtered out, to avoid signals from the moving walls of blood vessels. Thus, our results may suggest modifications in next generation pulsed Doppler systems.

Acknowledgment

The authors wish to thank W. Schmidt of our Biomedical Engineering and Science Institute for help in the programming.

References

- [1] C. Doppler, «Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels,» *Abhandlungen der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 5, Folge 2, pp. 465–482, 1843.
- [2] T.P. Gill. *The Doppler Effect: An Introduction to the Theory of the Effect*. New York: Academic, 1965.
- [3] P.M. Morse and K.U. Ingard. *Theoretical Acoustics*. New York: McGraw-Hill, 1968.
- [4] A. Einstein, «Zur elektrodynamik bewegter körper,» *Annalen der Physik (Leipzig)*, vol. 17, pp. 891–921, 1905.
- [5] W. Pauli. *Theory of Relativity*. New York: Pergamon, 1958.
- [6] D. Censor, «Detection of the transverse Doppler effect with laser light.» *Proc. IEEE*, vol. 52. p. 987, 1964.
- [7] –, «Reflection mechanisms, Doppler effect, and special relativity,» *Proc. IEEE*, vol. 65, p. 572, 1977.
- [8] D.G. Ashworth and P.A. Davies, «Reflection from a corner reflector moving at high velocity,» and reply by D. Censor, *Proc. IEEE*, vol. 66, pp. 1653–1654, 1978.
- [9] V.L. Newhouse, E.S. Furgason, G.F. Johnson, and D.A. Wolf, «The dependence of ultrasound Doppler bandwidth on beam geometry,» *IEEE Trans. Son. Ultrason.*, vol. SU-27, pp. 50–59, 1980.
- [10] L.J. D'Luna and V.L. Newhouse, «Vortex characterization and identification by ultrasound Doppler,» *Ultrason. Imag.*, vol. 3, pp. 271–293, 1981.
- [11] J.A. Cisneros. V.L. Newhouse, and B. Goldberg, «Doppler spectral characterization of flow disturbances in the carotid with the Doppler probe at right angles to the vessel axis,» *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 11, pp. 319–328. 1985.
- [12] J.A. Cisneros, «Medical applications of Doppler spectral analysis using a normal orientation of the beam with respect to the direction of flow,» Ph.D. dissertation, submitted to the Faculty of Drexel Univ., Philadelphia, PA, 1985.
- [13] V.L. Newhouse. J.A. Cisneros, D. Censor, and B. Goldberg. «Doppler spectrum probing of flow transverse with respect to beam axis,» *Proc. IEEE, 1985 Ultrason. Symp.*, pp. 1–4, Oct. 16–18. San Francisco, CA.
- [14] P.A.J. Bascom, R.S.C. Coboold, and B.H.M. Roelofs. «Influence of spectral broadening of continuous wave Doppler ultrasound spectra: A geometric approach,» *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 12, pp. 387–395, 1986.
- [15] J.A. Stratton, *Electromagnetic Theory*. New York: McGraw-Hill, 1941, p. 359.
- [16] C.J. Drost, «Near and farfield of strip-shaped acoustic radiators,» *J. Acousi. Soc. Amer.*, vol. 65, pp. 565–572, 1979.
- [17] J.W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, New York: McGraw-Hill. 1968.

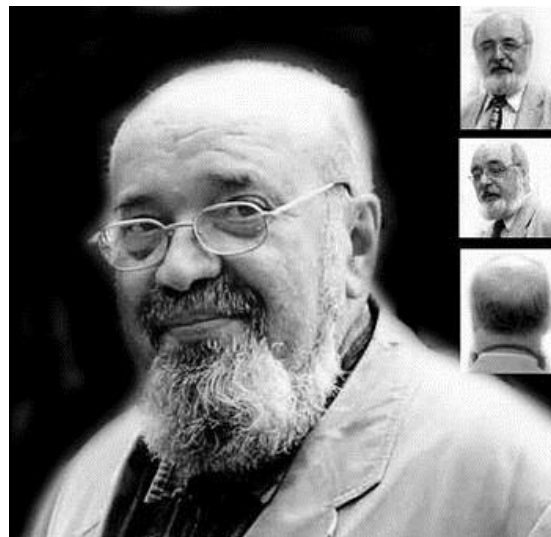
- [18] T. Hasegawa, N. Inoue, and K. Matsuzawa, «A new rigorous expansion for the velocity potential of a circular piston source,» *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 74, pp. 1044–1047, 1983.
- [19] P. Atkinson and M.V. Berry, «Random noise in ultrasonic echoes diffracted by blood,» *J. Phys. A. Math. Nucl. Gen.*, vol. 7, pp. 1293–1302, 1974.
- [20] P. Atkinson, «An ultrasonic fluctuation velocimeter,» *Ultrason.*, vol. 13, p. 275–278. 1975.

Олег Акимов. Сильные заморозки на территории Рунета⁴²

<http://sceptic-ratio.narod.ru/po/pn-7.htm>

1. Моя нечаянная встреча с Дедом Морозом

В течение нескольких лет в Рунете лютует коварный Дед Мороз под банальным псевдонимом *Морозов Валерий Борисович*. Личность эта крайне загадочная, о которой известно лишь, что она может в любой момент преподнести вам самый неприятный подарок. Один доброжелатель прислал мне фотографию, на которой, как он утверждает, изображен этот неуловимый куратор главных физических форумов Рунета, и даже сообщил мне его фамилию, очень не похожую на фамилию *Морозов*. Экспертизу фотографии никто, конечно, не проводил, но сходство с известными многим user'ам маленькими портретиками всё же имеется. Поэтому я вполне допускаю, что на присланном мне снимке действительно изображен «стрелочник ФИАНа». Если всё это досужие домыслы, пусть реальный Морозов или тот, кто скрывается под этим ником, своей настоящей фотографией опровергнет моего доброжелателя.



Дед Мороз

Почему меня заинтересовал этот интернетовский персонаж? В одном ЖЖ я наткнулся на следующий диалог, который касался лично меня:



fizeg

ООН (fizeg) пишет в *science_freaks* 2008-06-13 00:21:00

Sceptic-Ratio – научно-познавательный сайт Олега Акимова. Видать фамилия Акимов дурно на людей влияет. Персонаж не общеизвестный А.Е. Акимов, а некий О.Е. Акимов sceptic-ratio.narod.ru/fi.htm

[Дале приводится небольшой фрагмент из моего обращения]

«Уважаемые физики-теоретики!

Вы часто упускаете из виду одно математическое свойство, имеющее фундаментальное значение для современной физики. Оно формулируется просто: четырехмерного пространства не существует. Объяснение этому факту необходимо искать в алгебре числовых агрегатов. Вспомним, действию над комплексными числами ставится в соответствие ортогональные повороты в плоскости. Удвоенное комплексное число дает кватернион, которому соответствует действия над 3-векторами в трехмерном пространстве. Удвоение кватерниона порождает октаву, которой, однако, не отвечает четырехмерное пространство, поскольку октава не образует алгебраической группы. Дальнейшая экстраполяция – удвоение октавы и т.д. – тоже не приводит к числовым агрегатам, имеющим групповые свойства. Следовательно, многомерные пространства – пяти, шести и т.д. измерений – тоже существовать не могут, как и пространство четырех измерений».

Также там сказано про его мегатворение «Естествознание: курс лекций», которое якобы (уж не знаю правда ли это) «рекомендовано Учебно-методическим центром «Профессиональный учебник» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений.» Хотя да... еще надо выяснить, что это за «Профессиональный учебник» такой...

⁴² В.Э. 2012-12-15: Протоколы интернетовских «чатов» практически всегда нечитабельны. В этом документе я редактировал (исправлял ошибки) только в тексте Акимова. У остальных оставляю оригинальную орфографию и пунктуацию. (Пусть обезьянки показывают свои мордашки).



vsounder

Вообще идет обычный бред (про догмы, кризис науки итд итп) однако человек оперирует не близнецами и поездами, а даже нахватался относительно умных слов типа представлений группы и кватернионов.

streetshadow 2008-06-12 08:40 pm UTC

да про кватернионы щас только домохозяйки не знают. :))

fizeg 2008-06-12 08:45 pm UTC

Если бы, если бы...=(((

alexthunder 2008-06-12 11:13 pm UTC Адназначна!

vsounder [= morozov]⁴³ 2008-06-12 11:26 pm UTC

У пацана большое будущее! «Удвоенное комплексное число дает кватернион, которому соответствует действия над 3-векторами в трехмерном пространстве. Удвоение...» Он в начале таблицы умножения... лет этак через пять будет в середине...

Интернет-сообщество «Научная кунсткамера» (science_freaks) провозгласило:

«мы в меру демократичны и приветствуем любой здоровый спор, ...никаких переходов на личности, ... просим писать свое мнение именно об идеях, ... просим хоть как-то свои слова аргументировать, ... персонажу должно быть больше 20 лет. Ибо в младшем возрасте человек может ошибаться из-за банального недостатка информации. Давайте относиться к людям с уважением».

Да уж, уважение к людям здесь бы не помешало. Что-то мне подсказывает, что с этими ребятами продуктивной дискуссии не получится. И хотя участники начатого разговора (fizeg, streetshadow, alexthunder, twilight_sun, ...) должны быть в возрасте старше 20 лет, такого впечатления они не производят. Мне кажется, им не более 12–15 лет, за исключением одного, скрывающегося под ником vsounder. Это – В.Б. Морозов, много лет работающий на какой-то секретный отдел ФИАНа, ставящий своей целью окончательно и бесповоротно развалить российскую науку. Во всяком случае, у меня сложилось впечатление, что от руководителей спецотдела он получил спецзадание: втесаться в доверие к подросткам и скоординировать их действия таким образом, чтобы всякие разговоры об ошибочности теории относительности пресечь на корню.

В целом подавляющая масса сообщества science_freaks, наверное, безобидные мальчишки, которые, однако, превращаются в грозную силу, когда их координируют из единого центра Российской АН. В этом случае оболваненные тинэйджеры ведут себя в Интернете агрессивно, примерно так же, как скинхеды на улице под покровом ночи: кто думает или выглядит иначе, чем они, подвергается с их стороны избиению и издевательствам.

Другое дело Морозов; он не просто унижает и оскорбляет людей, он еще занимается хорошо продуманными фальсификациями. Выполняя функции координатора, он часто искажает смысл высказываний различных правдоискателей, охотников до научных дискуссий. Особенно он старается над текстами антирелятивистов: что-то убирает из их постов, что-то вставляет, в общем, делает всё, чтобы скомпрометировать противников релятивизма и вызвать в ответ на его подлость какие-нибудь необдуманные действия.

Далеко за примером ходить не буду. Не так давно я наткнулся на следующую возмущенную тираду, высказанную участником форума SciTecLibrary неким SBK:

«Браво, Морозова! [здесь коварный Валерий Морозов робко представился «Новичок, Валерия Морозова»]. Лучшего подтверждения вашей бессильной ярости и придумать нельзя. Извратить мой текст, вставив от моего имени то, что относится именно к вам, релятивистам, обвинить в мракобесии, которым мается именно релятивизм – и это уже строго доказано, – да еще и показать методы, которыми вы вообще действуете, извращая и замазывая грязью всё вокруг себя – БРАВО! И цена вашим кукушачьим измышлениям такова же.

Но классическая физика плевать хотела на шавок из подворотни. На законах Ньютона (именно Ньютона, а не Эйнштейна (как бы ваш Акимов ни примазывал их) построены все механизмы, которыми Вы, паскудник, пользуетесь. На его теории строили свои теории и Пуассон, и

⁴³ В.Э. 2012-12-16: Откуда всё-таки известно, что это «Морозов»? Даже если когда-нибудь раньше было точно установлено, что он пользуется таким ником, то всё равно это еще ничего не доказывает, потому что на оживленных форумах распространено такое явление, как «кража ников» – особенно известных и популярных. Вообще по стилю это не Морозов.

Лаплас, и Кулон, и все те исследователи, имена которых золотыми буквами вписаны в историю физики. Вам из выгребной ямы этого не видно и не понять».

Сначала о моем маленьком чисто психологическом наблюдении. Если бы имя *Валерий Морозов* было настоящим, то его владелец не стал бы забавляться с ним и издеваться над собой, называя себя *Валерия Морозова*.⁴⁴ Такое бы нормальному мужчине в голову не пришло.

А теперь о моей фамилии, которая прозвучала в последнем абзаце. Дело в том, что Морозов(а) порекомендовал(а) SBK прочесть статью [Исаак Ньютон – монстр исчадия ада](#),⁴⁵ в которой рассказывается о тяжелом характере Ньютона. После ознакомления с ней SBK, неважно знающий биографию знаменитого англичанина, воспринял автора статьи другом релятивистов и врагом классической физики. Так ФИАНовский провокатор, окучивающий форум главного физического института страны и активный участник многих других форумов, сталкивает лбами единомышленников.⁴⁶ Разумеется, это не самый коварный трюк, на который он способен.

Из моего первого примера неискушенный читатель может подумать, что Морозов не в курсе, не читал написанных мною текстов, иначе бы он, наверное, не сказал про меня: «У пацана большое будущее». Конечно, это не так. Морозову отлично известно, что я – в пенсионном возрасте, преподаю конструктивную математику и естествознание, где беспощадно критикую Гинзбурга, Эйнштейна и прочих схоластов-фантазеров, которые свалились на наши несчастные головы в прошлом столетии и усиленно поддерживаются ФИАНом, Фондом «Династия», возглавляемым Д.Б. Зиминым, и другими консервативными учреждениями. Но этот Морозов, тоже уже не молодой человек, под прикрытием фальшивого имени, теряя всякий стыд, начинает говорить на языке вокзальных урок.

Из миллиона сообщений, которыми Морозов засорил Рунет, я нашел такое: «... Не подумайте, что я тут чего читал... у меня с этим строго... голову бредом не забиваю». Мне кажется, оно прекрасно характеризует его позицию в споре с оппонентами на форумах.⁴⁷ Бедняга SBK, а также желторотые птенцы – fizeg, streetshadow, alexthunder, twilight_sun, ... – еще не подозревают, с каким нехорошим субъектом они связались. Он поставлен ретроградами из РАН, чтобы поддерживать миф о возможности путешествия по *коридорам времени* в параллельные миры с экзотическими законами физики. Его предназначение – удержать российскую молодежь в сладких предрассудках ушедшего столетия. Не дай Бог, она узнает правду о «гениальном» и «божественном» Эйнштейне и позорных ошибках его иррационально-утопического учения. Именно с этой целью в мае 2005 года Морозов берет в свои руки форум ФИАНа (www.lebedev.ru) и создает Кунсткамеру для «альтов». Им составляется следующий «краткий портрет альтернативщика»:

«1. Святая убежденность в существовании семито-масонского⁴⁸ заговора против классической физики. Ну типа захватили семиты все издательства и публикуют то что хотят. Разубеждать их в этом бесполезно.

2. Крайняя необразованность и неспособность к элементарным логическим выводам. Обычный альтернативщик как правило технарь занимавшийся каким то узким вопросом и так не овладевший матаппаратом в размере скажем теории групп. Ну обычно их познания по физике ограничиваются знанием существования опыта Майкельсона. Об его модификациях ни один из них даже не подозревает.

3. Полное отсутствие абстрактного мышления. Т.е. сообразить, что кроме евклидовой геометрии существует еще сферическая они не в силах.

4. Пробелы в школьных знаниях. Начиная с складывания дробей и кончая опытами с магнитами и опилками. Не лечится. На пожелание самому поставить опыт обижаются. (Они типа выше этого.)

5. Нежелание прорабатывать детали. Вот надо сразу теорию всего и сразу чтоб нобелевку. Т.е. они не приучены к систематическому труду.

6. Жуткая любовь к философии. Все готовы вывести из определения материи не представляя что такого определения нет.

⁴⁴ В.Э. 2012-12-16: Это верно.

⁴⁵ МОИ 2016-02-26: См. МОИ [№ 65](#), стр.106.

⁴⁶ В.Э. 2012-12-16: Ну, не надо было писать такие глупости про Ньютона. А если написано, то и можно ожидать, что будут издеваться.

⁴⁷ В.Э. 2012-12-16: Всего бреда не перечитаешь...

⁴⁸ В.Э. 2012-12-16: Почему не «жидо-масонского»? Духу не хватило?

7. Каждый альтернативщик свято уверен, что ортодоксы не понимают СТО/ОТО/КМ и поэтому не видят очевидных ошибок».

Вот с этими агрессивными предубеждениями к своим научным оппонентам Морозов создал Интернет-сообщество *science_freaks*, в основу работы которого положил рекомендации «Комиссии по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований РАН». Путем сокрытия фактов и прямого надувательства «Лженаучная комиссия», возглавляемая Кругляковым, Гинзбургом и Морозовым,⁴⁹ стремится сохранить вековое господство релятивистов-формалистов и не допустить в науку рационально думающих исследователей-конструктивистов. Российская академия и высокопоставленные руководители этой комиссии закрывают глаза на безобразия, творимые рядовыми членами преступной группировки *science_freaks*, как те самыми варварскими и аморальными приемами выдавливают противников теории относительности из дискуссионного поля Рунета, полностью блокируя свободный обмен конструктивной информацией.

Морозов уверен, что релятивистская физика лежит в основе всего и вся. На форуме сайта Физического Института им. П.Н. Лебедева РАН (www.lebedev.ru) от 26 августа 2007 года прозвучал следующий вопрос от Rishi:

««Сто лет без урожая» – хорошо подмечено. Валерий Борисович, вот не в службу, а в дружбу приведите хотя бы пару примеров серьезного практического результата от теории относительности. Тока прошу ядерную бомбу и ускорители не трогать, так как идея цепной реакции и ускорения частиц с помощью ЭМ поля прямого отношения к ТО уж извините не имеют».

В.Б. Морозов отвечает:

«а какая польза от таблицы умножения? СТО – основа физики... без современная техника может развиваться только за счет физики.... Все явления и приборы невозможно правильно описать без СТО Я не знаю исключений... но есть такие области, где без СТО невозможно ничего сделать... это электромагнетизм и приборы на нем основанные, квантовые приборы, все, что основано на физических явлениях основано на релятивистских теориях... других просто нет... глупо пренебрегать СТО в электронно-лучевых приборах от кинескопов, до магнетронов и ЛБВ – все работает на релятивистских электронах... система GPS не будет работать без учета релятивистских эффектов... хотя некоторые считают что земля плоская... а транзистор придумал уральский умелец...».

Говорить, что СТО важна как таблица умножения, она – «основа физики» и т.д. – это не только большое преувеличение, это еще и ложь. Тем не менее, с идиотскими доводами Морозова в определенном смысле согласен. Разве не правда, что после создания теории относительности вся физическая наука встала. А это как раз и означает, что СТО парализовала самые «основы физики». Называю доводы «идиотскими», так как при расчетах электромагнитных устройств, «в электронно-лучевых приборах от кинескопов, до магнетронов и ЛБВ» СТО не применяется. Морозов – верхогляд, ничего толком не знает и выдает желаемое за действительное. Наверняка, он слышал, что «релятивистские электроны» можно объяснить за счет роста электромагнитной массы, но Морозов хочет создать впечатление, будто для СТО не существует альтернативы, а все «альтернативщики» – неучи.

СТО критикуют по многим причинам. Одни, как Rishi, – за безрезультатность (СТО – *реально* без урожая). Другие – за логические противоречия и математические ошибки, которые способен понять и школьник (например, парадокс часов). Третьи – за формально-спекулятивный подход в целом, который ощущает не только специалист-физик, но даже просто здравомыслящий

⁴⁹ В.Э.: Акимов знает настоящую фамилию «Морозова» и при этом утверждает, что тот руководит Комиссией РАН в масштабе, сравнимом с Кругляковым и Гинзбургом. Если это человек ТАКОГО калибра, то он не мог не упоминаться в бюллетене «В защиту науки». Но в этом бюллетене (в 11 номерах, вышедших к настоящему моменту – 2012.12) упоминаются шесть сотрудников ФИАНа: 1) Лебедев Андрей Николаевич, член-корреспондент РАН, член Бюро Отделения физических наук, ФИАН (он – автор единственной статьи этого бюллетеня, направленной против анти-релятивистов – см. [№1](#) бюллетеня); 2) Полищук Ростислав Феофанович, доктор физико-математических наук, Астрокосмический центр ФИАН; 3) Г.В. Чибисов, ФИАН; 4) Онищенко Е.Е., ФИАН им. Лебедева, Москва; один из организаторов сайта scientific.ru; 5) Месяц Геннадий Андреевич, академик РАН, директор ФИАН им. Лебедева; 6) Захаров Владимир Евгеньевич, академик РАН, зав. сектором математической физики ФИАН им. Лебедева, председатель Научного совета РАН по нелинейной динамике, проф. Университета Аризона, США.

человек. Многие возмущаются аморальной натурой Эйнштейна. Ведя крайне беспечный образ жизни, он скрывал от общественности, что в написании большинства научных статей принимала самое деятельное участие его первая жена, Милева Марич (см. [Милева Марич как подруга и жена Эйнштейна](#)). Я же сейчас возмущаюсь не самой СТО или Эйнштейном, а теми жульническими приемами, которыми пользуются релятивисты, в частности Морозов, для внедрения СТО в молодые умы, жаждущие знаний, но не подозревающие, что бородатые дяди из ФИАНа их могут бессовестно обмануть.

В связи с этим хочу обратиться к молодежи. На сайте **Sceptic-Ratio** вы найдете материал, рассказывающий правду об Эйнштейне и ошибочности теории относительности. Немало статей посвящено истории данного вопроса. Помните, в то время как Ландау, Френкель и прочие релятивисты скрещивали теорию относительности с квантовой механикой, ярый противник этих учений, замечательный теоретик, практик и организатор [Владимир Федорович Миткевич](#), разрабатывал и воплощал в жизнь энергетический план ГОЭЛРО, создавал электротехническую промышленность нашей страны. Кто-нибудь когда-нибудь слышал о вкладе ученых ФИАНа в индустрию России?

Что собой представляет Гинзбург в научном плане, мне понятно (см. [Квантовая теория Доплер-эффекта В.Л. Гинзбурга](#)). Но кто такой В.Б. Морозов, который стоит за Гинзбургом и которому за охрану эйнштейновского культа и фанатичное служение релятивистской догме директор ФИАНа Г.А. Месяц, наверное, регулярно выплачивает казенные деньги налогоплательщика, – ума не приложу. Поэтому обращаюсь ко всем, кто знает что-либо об этом трусливом провокаторе, называющим себя «простой гений слесарного искусства», «модератор» или «завсегдатай»: *Друзья, пишите мне на e-mail: [Акимов Олег Евгеньевич](#); если ваша информация будет заслуживать внимания общественности, я непременно обнародую ее на сайте **Sceptic-Ratio**.*

2. Осторожно, провокация!

Однако в связи с моей последней просьбой хочу предупредить особо доверчивых user'ов. Сейчас я познакомлю их с более коварными приемами работы В.Б. Морозова и его шайки, крышуемой РАН, которые наивному студенту или неискушенному преподавателю никогда и в голову не придут. Вы, уважаемый читатель, сами обо всем догадаетесь, когда прочтете следующий диалог, состоявшийся на форуме [Наука и общество](#).

Рано утром (07:35:13) 3 мая 2007 года некий неизвестный [Author](#) открыл тему: «**Морозовщина**, Валерий Борисович МОРОЗОВ – бич научных форумов» с единственной целью: «Просьба ко всем, кого возмущает поведение Морозова: пишите сюда». Днем (13:32:13) появилось сообщение от постоянного посетителя этого форума [Sapiens](#) (сегодня он выходит в свет под ником **Homo Sapiens**; непременно загляните на его сайт академического уровня [Теория всего Васи Иванова](#)) следующего содержания:

«Меня оно восхищает!

Собираюсь открыть здесь постоянную тему, аналогичную «Кунсткамере». Что-нибудь вроде «Архива брехологии» или «Брехологические анализы». Как открою – милости прошу, поставляйте материал. Когда Пифагор доказал свою великую теорему, то решил устроить грандиозный пир и пригласил на него всех знатных столичных граждан Афин. Для пиршества пришлось зарезать триста быков. С тех пор скоты ненавидят ученых».

Еще через час с небольшим (14:46:32) на форуме появился **Морозов** с репликой:

«хорошая идея! с морозовщиной надо кончать! я дал ссылку на это место в трех вновь открытых темах на трех форумах...».

Через шесть минут **Морозов** процитировал какого-то halfback:

«Да. Морозов – Душитель Психов. Портянкой».

Далее идет реплика от [Sapiens](#) (19:47:35):

«Мне представляется, что главная идея морозовщины может быть выражена формулой: «Самодовольное невежество и воинствующая глупость нерентабельны и наказуемы»».

Морозов (20:45:54):

««А морозовщина это что? Такое философско-идеологическое учение» за такое оскорбление морду, пардон лицо бьют.. ничего отвратительнее философствующих неучей нет!

«Самодовольное невежество и воинствующая глупость нерентабельны и наказуемы». в принципе верно, но я этим не занимаюсь... стараюсь получить удовольствие от общения... а неучи.. можно конечно издеваться над убогими... но как правило народ безвредный и скупой... однако есть потрясающие экземпляры.. а бороться.. да кому эти Вулло, Авторы, Кушелевы нужны? если кто и вылез одно движение кнопки модератора и нет проблемы... правда есть запущенные случаи... пару недель чистил ФИАНовский форум... может больше..»

В 21:25:52 **Морозов** добавил:

«а на борьбу с морозовщиной народ не поднялся.. даже на мембране... кстати со многими альтами у меня неплохие отношения.. люди могут ошибаться.. в конце концов не все имеют достаточное образование».

На что **Sapiens** (21:29:33) реагировал так:

«Высмеивать. Спорить с ними бесполезно, как дискутировать с барабаном.

логонетик пишет: «Так бесполезно высмеивать ибо он как робот».

Другим неповадно будет.

логонетик (04.05.2007 18:20:37):

«Вменяемые люди и так бредить небудут, а невменяемые совершенно имунны к любой критике и к любым высмеиваниям ибо психическое заболевание есть система с положительной обратной связью и чем аргументированнее критиковать такого или чем сильнее его высмеивать тем более его бред будет обостряться».

Морозов (03.05.2007 22:23:27):

««А если философствованием занимается не неуч, тогда как?»

Значит он все-таки неуч... только притворяется умным.. выучил набор «научных фраз».. например это блестяще делает Станислав Кравченко, есть программа выдающая неплохие тексты, вполне сойдет за текст альта [идет цитата]».

логонетик (04.05.2007 18:24:05):

«Ну не всегда так, ещё есть вариант психического заболевания, вспомните как Джон Форбс нэш во время обострения шизофрении математически доказывал связь нумерологии с политикой, математически доказывал существование бога, расшифровывал послания спецслужб в газетах, а также доказывал математически, что среди людей есть заговорщики инопланетяне, а ведь он как вы понимаете отнюдь не неуч.

[На реплику **Sapiens**: «Очень разумная мысль»]

Вот именно поэтому я и спрашиваю как с такими индивидуумами себя вести? Понимаете и спорить с ними вредно ибо если с ними спорить то их психическое заболевание только обостряться и не спорить с ними вредно ибо так они получают режим наибольшего благоприятствования для распространения своего безумия»

Морозов (05.05.2007 02:47:51): ««А если философствованием занимается не неуч, тогда как?»

есть и такой вариант.... заскоки бывают у многих... авторы бреда могут быть и нобелевские лауреаты... Поллинг со своей аскорбинкой от всех болезней, Пол Андерсон с холонами.... соответственной потешается над ними публика более просвещенная... все завист от правдоподобности заскока.. в принципе возможна и польза».

логонетик (05.05.2007 21:55:32):

«Ещё в пример можно привести Джона Форбса нэша с математическим доказательством связи нумерологии с политикой, существования бога, расшифровкой переписки спецслужб через газеты и математическим выявлением скрытых инопланетян, Георг Кантор тоже неплохо чудил с его идеей о том, что актуальная бесконечность есть мост к господе Богу, а уж как чудит академик Фоменко с его новой хронологией УХХХХХ, АХХХХХХХ».

На исходе второго дня (05.05.2007 21:55:32) с момента запуска провокационного призыва («Просьба ко всем, кого возмущает поведение Морозова: пишите сюда») откликнулся **valentin ulman**, который в конце своего текста подписался – **Ульман**. Он написал:

«У него [Морозова] тоска, ностальгия по молодости (преподаватель на пенсии). Вот он и борется с ересью, и старается организовать ретро клубы, но это не форумы. Плохо, что он не хочет признавать, что Жизнь течет и на дворе 21 век. Этим он мешает прогрессу, как и многие, ему подобные. Это естественно. Было, есть и будет. Его это мучает. Он один раз помог мне

разобраться с новым, но это ужаснуло его, и во второй раз он встал на дыбы в защиту 19 века, того чего я не собирался оспаривать. Похоже, он убеждён, что всё уже познано. Считает, что главное это теоретическая, точнее математическая физика. Поэтому он скорее математик, чем физик. Но я надеюсь на лучшее. Знаний у него не отнять. С уважением, Ульман».

логонетик недоуменно (05.05.2007 23:51:49):

«Это вы о ком?»

Морозов разъясняет (06.05.2007 03:33:31):

Это обо мне ... правда я никогда не был преподавателем.. не довелось.. а товарища слегка прижал на одном из форумов.... толи на меня обиделся, толи за биополя стало обидно...

«Этим он мешает прогрессу, как и многие, ему подобные. Это естественно.»

[На эту реплику Ульмана Морозов отвечает]

Вам наука мешает? да нет вы просто не хотите или не можете учиться, а учиться надо всегда...».

valentin ulman (06.05.2007 10:57:02):

««толи за биополя стало обидно...»

Я говорю о двойном слабом поле, а не о биополе. Можно изучить греческий язык, но как его приложить к рассматриваемым явлениям? Обижаться не собираюсь, а разобраться в явлении которое используется в выпускаемых аппаратах для физиотерапии, без указания на побочные явления нужно, т.к. применение аппаратов может привести к серьёзным осложнениям, к нарушению проводимости клеточных мембран. С уважением, Ульман».

valentin ulman (06.05.2007 11:05:26):

«Человеческий глаз используется, как датчик и будет использоваться всегда. А, почему нельзя использовать эритроциты как датчики поля? В чём ересь, где лженаука? Я допускаю, что ошибаюсь в трактовке результатов опыта, потому и выставил его на форум в надежде на коллективны».

Морозов (06.05.2007 14:31:11):

«... Лженаука – неподтвержденные утверждения, явно противоречащие известным фактам...».

Здесь **Морозов** дал определение лженауки, близкое по смыслу определению **Гинзбурга**, его непосредственного шефа.

«Я не говорил, что вы занимаетесь лженаукой... эксперимент не может быть лженаучным... просто посоветовал вам выставлять свои материалы и др. на форуме непрофессионалов (ФИАНовском). Морозов».

valentin ulman (06.05.2007 16:02:50):

«... Я последовал Вашему совету. А ВЫ начали травлю темы. Объясните: Что такое профессионал? Какие эксперименты не достойны профессионалов? Вы уже не в первый раз говорите о деление опытов на хорошие, не очень хорошие и плохие. Как явление свойство или закономерность могут быть, я не могу подобрать слово, второго сорта? Они или есть, или их нет. И с этим должен считаться в равной степени и профессионал и любитель. Поясните: что такое любитель? Кем и чем введено понятие профи? Какие права они имеют? С уважением, Ульман».

Морозов (06.05.2007 17:16:43):

««А ВЫ начали травлю темы».

ну я не склеротик тему свернули вы.... профессионал подает предварительные результаты как предварительные, а не как окончательную истину.

«Кем и чем введено понятие профи?»

точного определения нет... это не один признак, даже не их совокупность... Вы не физик... у вас нет навыков и знаний. но даже если б были – это не повод считать себя профессионалом...».

valentin ulman (06.05.2007 19:41:32):

«Сначала Вы закрыли тему на Сайтехе: Какое поле работает в этих опытах?»

почему поле, почему работает? Почему вы относите к физике? и не надо дублировать сообщения на Сайтехе, там я сообщение закрыл перед удалением...

С уважением, Морозов Валерий Борисович

Когда я подал заявку на открытие относительно свойства тромбоцитов размножаться, от меня не потребовали диплом об образовании, а Вы ввели иерархию на форуме, называя это борьбой за чистоту науки, хотя Вы не знаете как выделять элиту:

«точного определения нет... это не один признак, даже не их совокупность...»

При изложении темы мной были указаны только факты, никакой теории или предположений, а слово поле использовано на основании энциклопедии по физике.

С уважением, Ульман».

Морозов (06.05.2007 17:16:43):

««а Вы ввели иерархию на форуме, называя это борьбой за чистоту науки, хотя Вы не знаете как выделять элиту: «Простой пример журнал в котором печатается все кто хочет печататься... никто не захочит читать... Профи не интересуется дилетанские работы... модератор обязан расчистить площадку для того, что б сделать форум максимально пригодным для постоянных посетителей».

До конца темы **Ульман (valentin ulman)** не появлялся (возможно, его посты потеряли). Далее идет высказывание **Сергея Вавилова** (08.05.2007 12:43:39):

«Для меня как альта, Морозов вполне в чем-то полезен в качестве черного оппонента, то есть члена научного совета, который несмотря ни на что в итоге всегда проголосует против. Конечно он не очень-то заботится об аргументации своих слов, а по большей части отсылает к учебникам и первоисточникам, но в этом-то и есть его польза. Ведь если бы современные студенты больше бы интересовались историей физики, то они бы отлично понимали насколько все в науке неоднозначно и из них потом бы не получались имбецильно амбициозные академики, считающие что теория относительности – это уже истина в последней инстанции, а все что ей противоречит есть лженаука».

логонетик (08.05.2007 23:18:42):

«Да догматизм в науке неприемлем, это факт, однако столь-же сильно в науке неприемлема алогичность».

Морозов (13.05.2007 12:37:37):

«добавлю, недопустима и фальсификация, может по незнанию, может в надежде, что кто-то не знает».

логонетик (13.05.2007 21:03:43):

«А вот тут у меня возник вопрос? Как именно возможна фальсификация по незнанию? Ведь человек занимающийся фальсификацией, то есть мошенничеством должен осознавать, ЧТО именно он делает? В противном случае получается не фальсификация, а ошибка. Поправьте если я не прав».

Этот вопрос адресовался **Морозову**, но он куда-то исчез и до окончания полемики по объявленной теме не появлялся. Вряд ли его потеряли; вероятно, где-то на другом форуме он ввязался в более интересную для него дискуссию.⁵⁰ Тема закрывается малосодержательной полемикой между **Алиной** и **логонетиком** вокруг биополя, о котором заговорил еще **Ульман**. Предпоследние слова, сказанные 24.05.2007 02:02:48 **логонетиком Алине**, звучат так: «ВО – ВО, ты всё правильно поняла моя умница». Последняя же реплика на провокационную тему «Морозовщина, Валерий Борисович МОРОЗОВ – бич научных форумов», которую задал, скорее всего, сам **Морозов**, поступила от **Александра Кушелева** спустя почти год (14.03.2008 12:02:03):

«**МОРОЗОВ** пишет: «Кушелевы нужны? если кто и вылез одно движение кнопки модератора и нет проблемы...».

Кушелев: В этом высказывании весь Морозов

А на свободу из своего зала суда «святой» инквизиции Морозов не выходит...».

Кушелев безусловно прав. Морозов В.Б. войдет в историю отечественной науки как рунетовский инквизитор, поставленный апологетами *Церкви Святого Эйнштейна* для охраны *Духа Мертвого Релятивизма*. Я не удивляюсь полемическим приемам Морозова, который не в состоянии отличить мерзость от нормального общения. В конце концов, мало ли на белом свете живет нехороших людей? Меня поражает руководство ФИАНа, которое через интернетовского Деда Мороза позорит научное сообщество России.⁵¹

⁵⁰ **В.Э. 2012-12-15:** Или пошел к зубному врачу – ведь пока еще не вся жизнь протекает на форумах.

⁵¹ **В.Э. 2012-12-15:** Ну, интернетовские форумы вообще – это помойные ямы; поэтому я и не участвую нигде и отказываю Сергею Марьясову и Вадиму Гуськову, когда они меня туда зовут. Но в принципе никакой особенной подлости в действиях Морозова здесь не проявилось. Конечно, его высказывания (например, «краткий портрет альтернативщика») были бы несправедливы по отношению к

И вот совсем недавно, блуждая по бесконечным лабиринтам Рунета, я случайно наткнулся на «Открытое письмо руководству ФИАН им. П.Н. Лебедева», автор которого возмущался поведением нашего героя. В следующем разделе я привожу это письмо целиком.

3. Открытое письмо

руководству ФИАН им. П.Н. Лебедева
Ф.Ф. Менде
17.07.08 :: 19:22:42

На официальном сайте Физического Института им. П.Н. Лебедева работает официальный форум вашей организации www.lebedev.ru. В составе этого форума имеется секция Дискуссионный клуб, одним из модераторов которой является В.Б. Морозов. Я участвую в работе этой секции немногим более двух месяцев и за это время мои отношения с ним переросли от дружелюбных до открыто враждебных. Почему так случилось? Дело в том, что на сегодняшний день у нас различные взгляды на саму науку и пути её развития.

Раздел, который модерирует В.Б. Морозов, является дискуссионным. Уже само название говорит о том, что здесь возможны дискуссии на самые различные научные и околонаучные темы, и могут высказываться самые различные точки зрения, в том числе и не совпадающие с общепринятыми физическими положениями и даже законами. Никто не может утверждать то, что эти положения и законы являются абсолютно верными и не подлежат дополнениям или изменениям. Именно в связи с этим и возникло движение альтернативщиков, которых кое-кто пренебрежительно называет альтами. Конечно, нельзя утверждать, что многое из того, что предлагают альтернативщики, имеет под собой прочный физический фундамент. Однако существование такого движения следует считать прогрессивным явлением, когда люди по собственной инициативе совершенно безвозмездно работают над изучением и решением различных физических задач. Такая работа, несомненно, углубляет их знания, повышая интеллект и, несомненно, представляет достояние всей нации. И чем шире будет это движение, тем более весомым будет это достояние. Даже очень квалифицированные специалисты отмечают, что в ряде отраслей знаний, в том числе и в электродинамике, имеется целый ряд противоречий и нерешённых проблем. И это естественно, т.к. наука это живой развивающийся организм, она не стоит на месте и постоянно совершенствуется. И в этом процессе совершенствования посильное участие принимают и альтернативщики. И вот тут то и возникают основные противоречия между ними и официальной наукой. О позиции РАН в этом вопросе и её отношении к этому движению убедительно свидетельствует создание РАН преславутой Комиссии по борьбе с лженаукой. Уж более реакционного мероприятия, которое сродни замашкам инквизиторов, и придумать трудно.⁵²

Попытаемся глубже вникнуть в цели, которые преследовались при создании этой комиссии. Раз такая комиссия создана, значит, упомянутое движение кому-то мешает. Но кому? Ученые всегда считали и считают, что обсуждение любых научных вопросов, в том числе и тех, которые не имеют больших перспектив к признанию, следует вести демократическим путём и окончательная точка зрения на любом этапе обсуждения подобных вопросов должна формироваться путём полемики. Но кроме учёных такого толка всегда были и есть «учёные», у которых подход к науке совсем другой. Наука для них является только ширмой, за которой всё время идет борьба за материальные блага, должности, за признание их «научных достижений», заработанных их подчинёнными. Таким «учёным» не до науки, и основную свою энергию они тратят на интриги и присвоение чужих результатов. Посмотрите, у всех директоров научных учреждений масса научных работ, в которых соавторами являются их подчинённые. И оказывается большинство этих директоров, возглавляющих научные учреждения РАН, являются академиками. До науки ли им, когда административных дел выше головы? Но именно эта

Олегу Акимову (у него уровень другой), но к большинству «альтов» этот портрет вполне подходит (тем более, если учесть, что «портрет», конечно, сатирический), за исключением, может быть, первого пункта, который очевидная штука тех, кто вечно озабочен всемирным заговором против евреев.

⁵² В.Э. 2012-12-16: Если до сих пор можно было более-менее соглашаться с Ф.Ф. Менде, то здесь уже начинаются типичные песенки лжеученого. Комиссия, конечно, не поощряет «альтов», но и не направлена против них; она направлена против разграбления государственных средств лжеучеными и против оболванивания людей в средствах массовой информации.

прослойка «учёных» и правит бал в РАН. Им не нужны перемены, их вполне устраивает незыблимость уже существующих научных догм, и в альтернативном движении они видят прямую угрозу своему положению. И вот эта заскорузлая и коррумпированная прослойка, ради собственных привилегий и личных интересов тянет назад российскую науку и физику в том числе. Известно, что совсем недавно на общем собрании РАН было большинством голосов упразднено положение, запрещающее занимать лицам старше 70-ти лет высокие административные должности в РАН. Разве это не характерный показатель общей атмосферы, царящей в этой организации. Конечно, такая политика РАН не даёт возможность продвигаться вперёд молодым талантливым учёным, поскольку в них эта «элита» видит, как и в альтернативном движении, своих прямых конкурентов. Не пора ли налогоплательщикам задуматься, а стоит ли платить те большие налоги, за которые содержится эта многочисленная «научная элита».

Валерий Борисович, Вы длительное время работали в ФИАН и хорошо знаете те порядки, которые там были и есть. Не ваши ли это слова: «но иногда бывают вещи возмутительные... мой покойный шеф к примеру «это не важно, что ты придумал. это все равно мое» ...речь шла о том, что не только не понимал, но даже не был в курсе чем я занимаюсь... но это у технарей в порядке вещей... конечно не все так говорят и поступают...». Неужели Вы за то, чтобы такие порядки и дальше продолжали оставаться в научных организациях в том числе и в РАН.

Однако, как это не прискорбно, Ваши действия как модератора свидетельствуют о том, что Вы являетесь сторонником создателей злополучной комиссии. В Дискуссионном клубе форума, где Вы являетесь одним из модераторов, установлены диктаторские порядки, направленные на максимальную дискредитацию альтернативного движения. Вы же образованный человек с большим кругозором, неужели Вы не видите, сколь пагубной для развития науки в России является такая официальная политика РАН. Эта политика направлена на дискредитацию и подавление альтернативного движения в физике, в реализации которой принимают участие сотрудники ФИАН, в числе которых и нобелевский лауреат академик В.Л. Гинзбург.

К сожалению В.Б. Морозов в своих действиях не одинок. Подобная же политика проводится еще, по крайней мере, на двух физических форумах. Это дискуссионный раздел на форуме <http://dxdy.ru/diskussionnye-temy-f-f29-0.html>, где модератор под ником photon вообще лишил меня права участия в форуме и это раздел Физика, астрономия, математические решения на форуме <http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl>, где модераторы kkdil и peregoudov постоянно переносят мои темы в другие разделы форума, тематика которых не соответствует содержанию выдвигаемых мною тем.

И ещё один вопрос, который я не могу не поднять в данном письме. ФИАН им. П.Н. Лебедева – это государственная организация РАН и официальный форум, работающий на её сайте, выражает официальную позицию и РАН в том числе. Естественно, обсуждение научных вопросов на таком форуме должны вести учёные открыто не скрывая ни своих фамилий, ни своих должностей, ни своих научных достижений. В действительности же в обсуждении указанных вопросов на форуме принимают участие люди, скрывающие своё истинное лицо под никами всевозможных шимпанзе и крокодилов. Если ты учёный и имеешь свою научную и гражданскую позицию, то будь добр обсуждай её открыто, не скрываясь под различными никами. Если же ты трус, и можешь обсуждать эти вопросы только инкогнито, то обсуждай эти вопросы дома на кухне или на частных форумах, а не на официальном форуме официальной государственной организации, представляющей РАН. Если провести статистический анализ участников форумов, то оказывается, что большинство альтернативщиков и значительная часть учёных, не входящих в состав РАН, выступают на форумах под своими действительными именами. Остальные же, облачась в шкуры обезьян и крокодилов, просто лают из-за угла. Но официальный форум официальной государственной организации это не зверинец и не зоопарк и руководству ФИАН нужно об этом знать. Поэтому я, в официальном порядке, обращаюсь к руководству ФИАН с настоятельной просьбой прекратить такую позорную практику на официальном форуме.

Доктор технических наук *Ф.Ф. Менде*⁵³

Какая же была реакция директора ФИАН Г.А. Месяца? Да ровным счетом никакой, а вот неугомонный Морозов ответил в своей неизменной хамской манере.

⁵³ **В.Э. 2012-12-16:** Непонятно, зачем доктору технических наук выступать на интернетовских форумах, да еще на многих, да еще назойливо? Разве для него нет научных журналов? Разве не может открыть свой сайт? Или степень доктора липовая – присвоенная какой-нибудь самозванной «академией»?



В.Б. Морозов

МОРОЗОВ (23.07.08 :: 01:41:29)

Цитата: «Уже само название говорит о том, что здесь возможны дискуссии на самые различные научные и околонучные темы, и могут высказываться самые различные точки зрения, в том числе и не совпадающие с общепринятыми физическими положениями и даже законами»

название об это не говорит у Вас разыгралась фантазия.... заведомый бред удаляется. как и назойливая реклама «идей» в том числе и Ваших.

Дискуссия на форуме, где впервые появилось открытое письмо Ф.Ф. Менде, приобрела обычную для Рунета форму. Слово взял некий **Poltor**:

Господа! Вы обыгрываете слово «бред», применительно к науке. Но говорить предметно о науке может только тот, кто именно в ней что-то понимает. Морозов – платный резонёр. Но о науке-то он знает понаслышке и совсем чуть-чуть (не более, чем сплетни). С ним эту тему обсуждать нельзя. С уважением, Poltor

Fedor F [Ф.Ф. Менде]

МОРОЗОВ: «заведомый бред удаляется. как и назойливая реклама «идей» в том числе и Ваших».

«А судьи кто?» – позволительно спросить, которые определяют, этот самый заведомый бред. Не эти ли, которые считают, что энергия электрических полей может быть отрицательной или не могут решить школьную физическую задачу на одно действие <http://phorum.lebedev.ru/viewtopic.php...>

Fomin46

Уважаемый Fedor F

Попытался открыть ссылку которую Вы привели <http://phorum.lebedev.ru/viewtopic.php...>, но получил ответ, что темы, которую я запросил, не существует. Хотел решить эту простейшую задачку (как вы её назвали), но не получилось. не могли бы вы объяснить мне её. Хотелось бы услышать и мнение самого Морозова. Хотелось бы услышать на этом форуме о работах П.Н. Лебедева по эфиру. Ведь ФИАН и должен быть благодарен своему основателю. Если я не прав, то подправте. А ещё мне хотелось бы услышать почему и в чём заключается «заведомый бред удаляется. как и назойливая реклама «идей» в том числе и Ваших». А ещё – можно ли в ФИАНЕ провести эксперимент по проверке закона Ампера с учётом эфира?

homosapiens [тот самый **Homo Sapiens** или просто **Sapiens**, подголосок Морозова, изобретатель **Теории всего Васи Иванова**,⁵⁴ о котором шла речь в п.2]

МОРОЗОВ: «заведомый бред удаляется. как и назойливая реклама «идей» в том числе и Ваших».

Заведомый бред – это словесный понос, который никак невозможно остановить

Заведомый бред – это отсутствие нормальной человеческой аргументации в более чем спорных вопросах

Заведомый бред – это противоречие логике и здравому смыслу

Заведомый бред – это противоречие экспериментальным фактам

Заведомый бред – это отсутствие научной методологии при построении новой теории

Заведомый бред – это незнание простейших законов физики

Заведомый бред – это неспособность критически оценивать свои собственные утверждения

Заведомый бред – это неспособность воспринимать контраргументы оппонентов ...

...

...

⁵⁴ **В.Э.:** Что же касается персонажа *Pithecus stultus*, самовольно, как обычно они это делают, присвоившего себе имя *Homo sapiens*, то это обыкновенный копроглот.

Назойливая реклама – это пост, содержащий в себе что-то вроде «Новая теория всего от Васи Иванова. См. на моем сайте – <http://teoriavasiivanova.narod.ru/index.html>. Назойливая реклама – это пост, в котором отсутствует какое либо указание на содержание теории, опубликованной на сайте

Назойливая реклама – это постоянное желание говорить в разных темах по поводу и без: «Нэ так все это было, савсэм нэ так. Посетите сайт <http://teoriavasiivanova.narod.ru/index.html> и почитайте как оно есть на самом деле».

Достаточно?

Fomin46

Люди!!! – посмотрите на эту картинку homosapiensa? Раскройте её и внимательно посмотрите и прочитайте, что на ней написано, а потом откройте его ссылку на сайт Васи Иванова и прочитайте. Разве можно такие вещи выставлять на форумы? Вопрос к админу. Почему ваши участники не соблюдают первое правила форума? Почему сплошные оскорбления да ещё с матом. Вы вместе с этим позорите всю нашу страну. Я зашёл к Вам на форум в поисках друзей. А какой дружбе можно говорить после этого? Какие научные проблемы можно решать? Сейчас я уже устал, но дойду до Вашего сервера и наведу порядок, как того требуют правила форума. Уберите немедленно эту гадость с экрана сервера.

Fedor F [Ф.Ф. Менде]

Уважаемый Fomin46, приношу свои извинения за несвоевременный ответ. У меня сейчас имеется возможность ответить одновременно и Вам и homosapiens, поскольку он является и сторонником и защитником Морозова. Речь пойдёт о ссылке <http://phorum.lebedev.ru/viewtopic.php...>, которая в настоящий момент в Интернете отсутствует. История с этой ссылкой лишний раз проливает свет и на действия Морозова как модератора и на его моральный облик. Действительно, в определённый момент я тоже обнаружил что эта ссылка в Интернете отсутствует. Зная методы работы Морозова, я не удивился, т.к. был уверен, что эту тему он уничтожит. Но, к счастью, саму тему и переписку по ней я сохранил в памяти своего компьютера. Тема, которую Морозов уничтожил, называлась: «Я просил Вас выучить наизусть»⁵⁵. Формулировка темы и переписка по ней размещены на сайте <http://fedorf.inauka.ru/>. Прочитав эти материалы Вы сами сможете сделать выводы, кто такой Морозов.

Не торопитесь, дорогой читатель, открывать ссылку, на которую указывает Федор Федорович. Я не поленился воспроизвести беседу Менде с Морозовым на своем сайте полностью, как образец полемики двух людей, один из которых обыкновенный ученый, исследовать реальных проблем физики, другой – надзиратель, поставленный руководством ФИАНа для присмотра за «альтами». Это интересное чтение размещено в следующем разделе.



⁵⁵ В.Э. 2012-12-16: Но ведь это не тема для научного форума!

4. Я просил вас выучить наизусть

Ф.Ф. Менде

В данной статье приведена переписка по теме «Я просил вас выучить наизусть», которая в своё время обсуждалась на форуме <http://phorum.lebedev.ru/...> Эта ссылка из Интернета загадочным образом исчезла. Статья касалась квалификации модератора форума В.Б. Морозова и переписки с ним по этому вопросу. Привожу формулировку самой статьи и переписку по ней с В.Б. Морозовым.

Fedor Добавлено: Чт Июнь 12, 2008 10:32 am

Уважаемый Валерий Борисович, я просил вас выучить наизусть всего лишь два пункта Физического устава, а именно:

1. Диэлектрическая проницаемость плазмы в точности равна диэлектрической проницаемости вакуума и от частоты не зависит.
2. Проводник с электронной проводимостью не может поляризоваться на микроскопическом уровне.

Вам также, раз и навсегда, нужно запомнить,⁵⁶ что энергия электрических полей не может быть отрицательной (см. ЛЛ «Электродинамика сплошных сред»). Пока Вы этого не поймете и не выучите пункты устава наизусть, Вам рано комментировать труды Николаева. При таких знаниях электродинамики они на Вас никакого впечатления производить не будут.

morozov Добавлено: Чт Июнь 12, 2008 12:23 pm

Цитата: (Менде)

Уважаемый Валерий Борисович, я просил вас выучить наизусть всего лишь два пункта Физического устава

(Морозов отвечает)

Повторяю! Я ни кому не верю на слово. Вам верю меньше чем Арцимовичу. У Арцимовича все четко и ясно. У вас путанно и непоследовательно. Естественно человек, который утверждает нечно, но не может объяснить что он утверждает не интересен. Спасибо.... кстати вы опять нарушаете правила. Ваш пост бессодержателен и не относится к теме....

morozov Добавлено: Чт Июнь 12, 2008 12:26 pm

1. Цитата: (Менде)

Диэлектрическая проницаемость плазмы в точности равна диэлектрической проницаемости вакуума и от частоты не зависит.

(Морозов отвечает)

ерунда...

Цитата: (Менде)

2. Проводник с электронной проводимостью не может поляризоваться на микроскопическом уровне.

(Морозов отвечает)

банально, откройте ЛЮБОЙ учебник так эта мысль УЖЕ сто лет как излагается...

Fedor Добавлено: Чт Июнь 12, 2008 2:09 pm

Цитата: (Менде)

Валерий Борисович, пост, который является темой новой статьи, это мои комментарии к вашим замечаниям по поводу статьи «Николаев В.Г. Экспериментальные парадоксы Электродинамики». В качестве новой статьи я его не выдвигал, а это ваша самостоятельность. Это уже второй случай, когда вы от моего имениставляете статью на форум, а я об этом «ни сном, ни духом» не знаю. Принцип на форуме примерно такой: «Что хочу, то и ворочу».

Что касается вашего: «банально, откройте ЛЮБОЙ учебник так эта мысль УЖЕ сто лет как излагается...» так откройте вы учебник ЛЛ «Электродинамика сплошных сред» стр. 318, где вводится микроскопический вектор поляризации и утверждается, что приведенная формула

⁵⁶ **В.Э. 2012-12-16:** Таким образом, тема для научного форума здесь – требование, чтобы модератор что-то запомнил «раз и навсегда» (и упоминается какой-то непонятный «Физический устав»).

справедлива и для диэлектриков и для металлов. А раз так, то и металлы в рамках такой концепции в указанном пределе могут поляризоваться на микроскопическом уровне. Нехорошо, Валерий Борисович, Ландау опровергать.

morozov Добавлено: Чт Июн 12, 2008 3:25 pm

Я поступил строго по правилам, пост Ваш ... кстати за пренебрежение правилами и хамство Вас положено забанить навсегда... ..только моя немеренная доброта и надежда услышать от Вас наконец-то что-то по существу.... Вашего соизволения для обсуждения Ваши работ не требуется... Должен признаться. ничего интересного не нашел ...

morozov Добавлено: Чт Июн 12, 2008 5:24 pm

Цитата: (Менде)

стр. 318, где вводится микроскопический вектор поляризации и утверждается, что приведенная формула справедлива и для диэлектриков и для металлов. А раз так, то и металлы в рамках такой концепции в указанном пределе могут поляризоваться на микроскопическом уровне. Нехорошо, Валерий Борисович, Ландау опровергать.

(Морозов отвечает)

Вы похоже не в курсе, что у ЛЛ куча изданий и страницу указывать не принято... Не надо передергивать. Некрасиво! Мы говорим о КВАЗИСИСТАТИКЕ, о СТАТИКЕ?... Неточность ваших высказываний. См. ЛЮБОЙ учебник по электродинамике задачу по статике. можно школьный.. Это одна задача... Я просил вас ...и даже настаиваю выражаться конкретнее... Толи вы настолько косноязычны, толи крауне несведущи. но вы не разу не сформулировали грамотно ни одного утверждения... Физика не художественная литература и стиль подобный вашему недопустим. Мне не интересно, ни Ваше славное инженерное прошлое, ни великие открытия, если они неопределенны и расплывчаты. Чесно говоря тратить время на вас мне надоело. Вы даже не определили предмет разговора. Вспомните школу.. дано – узнать – решение – ответ... у взрослых задача излагается так же...

Fedor Добавлено: Пт Июн 13, 2008 11:29 am

Морозов: (Цитата)

Вспомните школу.. дано – узнать – решение – ответ... у взрослых задача излагается так же...

(Менде отвечает)

Действительно, Валерий Борисович, я же просил вас по предлагаемому вами принципу решить действительно школьную задачу, которая под силу даже ученику десятого класса. Может забыли условие, напомним: «Как зависит кинетическая индуктивность плазмы, находящейся между пластинами плоского конденсатора от площади пластин?». Если не знаете, что такое кинетическая индуктивность, посмотрите мои работы. Вот и покажите всем нам, что вы обладаете знаниями по физике на уровне ученика десятого класса. Тем более я вам уже даже подсказку сделал, что ответ состоит из семи слов. Если не решите, я вам укажу источник, где имеется решение и вы увидите, что задача решается в одно действие (к счастью это работа не моя, а то опять будете обвинять меня в саморекламе), А то привыкли всех дураками называть, а сами школьного курса по физике не освоили. Знать историю науки это еще не значит знать физику.

Может быть опять скажете, что мой пост не по теме. Ошибаетесь, поскольку я вас просил не только выучит наизусть прописные истины, но и решить школьную (подчеркиваю школьную) задачу по физике.

morozov Добавлено: Пт Июн 13, 2008 12:22 pm

Цитата: (Менде)

я же просил уже вас по предлагаемому вами принципу решить действительно школьную задачу, которая под силу даже ученику десятого класса.

(Морозов отвечает)

Имеете, что сообщить – сообщайте. можете объяснить – объясняйте...⁵⁷ я репетиторством не занимаюсь

⁵⁷ В.Э. 2012-12-16: Позиция Морозова – вполне справедливая.

Цитата: (Менде)

Как зависит кинетическая индуктивность плазмы, находящейся между пластинами плоского конденсатора от площади пластин?

(Морозов отвечает)

в приближении тонкого конденсатора линейно...

Цитата: (Менде)

Вот и покажите всем нам, что вы обладаете знаниями по физике на уровне ученика десятого класса.

(Морозов отвечает)

будете хамить, рассказывать байки, какой вы хороший инженер?

Цитата: (Менде)

Может быть опять скажете, что мой пост не по теме.

(Морозов отвечает)

Федор! Я уже сказал Вы мне изрядно надоели.... Ведете себя подобно школьнику у доски. Вместо ответов корчите рожи. В конце концов если не хотите отвечать, то и разговора не будет.

Fedor Добавлено: Пт Июн 13, 2008 1:18 pm

Морозов: (Цитата)

в приближении тонкого конденсатора линейно...

(Менде отвечает)

Вот, Валерий Борисович, вы и попались, причем на мякине. Даю правильный ответ состоящий из семи букв (а у вас всего пять, на две буквы не дотянули). Так вот: «Кинетическая индуктивность плазмы обратно пропорциональна площади пластин» семь слов – правильно?

Ответ содержится по ссылке www.ufn.ru/ufn72/ufn72_3/Russian/r723e.pdf на стр. 517 (между прочим я эту ссылку вам уже давал и даже страницу указывал), В формуле для кинетической индуктивности, приведенной по этой ссылке, указана её зависимость от длины проводника и его поперечного сечения. У конденсатора по условию задачи расстоянию между пластинами неизменно (это дано в условии задачи, т.к. спрашивается только зависимость от площади пластин). Площадь пластин конденсатора – это площадь поперечного сечения проводника. Так что задача действительно на одно действие.

Таким образом третий пункт Физического устава, который вам следует выучить наизусть формулируется так: «Кинетическая индуктивность плазмы, расположенной между пластинами плоского конденсатора, обратно пропорциональна площади его пластин»

Валерий Борисович, в процессе нашего общения вам придется выучить ещё не один пункт Физического устава, в том числе и из школьного курса физики.

morozov Добавлено: Пт Июн 13, 2008 2:04 pm

Цитата: (Менде)

обратно пропорциональна площади пластин

(Морозов отвечает)

Значит так... ну и что? Однако мы тут не кроссворды разгадываем... Вы не сказали ничего, не привели никаких доводов... такое впечатление, что вы ничего не понимая цитируете ответы...

Цитата: (Менде)

Валерий Борисович, в процессе нашего общения вам придется выучить ещё не один пункт Физического устава, в том числе и из школьного курса физики.

(Морозов отвечает)

Я плохой ученик и НИКОГДА ничего не зубрил.... А наше общение возможно только если сойдете с пьедестала и перестанете поучать ... Советую перейти на нормальный язык... У меня есть основания прикрыть ваше хамское Очень прошу ответить на мои вопросы.... я понимаю у вас чего-то зациклило но все-таки ...

morozov Добавлено: Пт Июн 13, 2008 2:06 pm

Прекращаю викторину... Вы в следующем посте даёте развернутый ответ на свой вопрос ... или ответ на мои вопросы... (я их повторять не буду) поскольку правила хорошего тона вым не знакомы буду просто удалять посты содержащие нарушения ... в том числе и флуд, в том числе и обсуждение моих действий как модератора

morozov Добавлено: Пт Июн 13, 2008 7:37 pm

Цитата: (Менде)

«а уровень вашего физического образования»

(Морозов отвечает)

не вам его обсуждать... Вы, дорогой товарищ, уж извините не знаете физику.

Цитата: (Менде)

Я вам уже предлагал перейти на нормальный язык общения, и не поучать друг друга, а нормально, в демократической форме

(Морозов отвечает)

Не вы тут предлагаете... И диктовать правила общения. Правила общения образовались дано и они едины.... Непорядочно провозглашать себя носителем единственно верного учения. Тут не молельный дом. И потом еще иеете наглость требовать демократии ... причем только для Вас ... не гражданин извольте отвечать на вопросы. это не цмрковная кафедра, а что-то проде аудитории семинара. Мне наплевать, кто Вы доктор всяческих наук или студент... Уж коли Вы высказали что-то извольте отвечать на вопросы... и позвольте мне судить о уровне вашей работы... пока уровень никакой... Более того Вы не способны четко сформулировать ваши утверждения ... попытайтесь! Я стираю ВСЕ что Вы пишете не относящееся к теме ... Вашей теме.

Editor

Зарегистрирован: 16.06.2007

Сообщения: 136

Добавлено: Пт Июн 13, 2008 7:52 pm

ТЕМА ЗАКРЫТА

Господин Менде может со своими идеями доложиться на единственно теме

Менде Федора Федоровича. Доклад

Самостоятельное открытие тем указанным господином приведет к санкциям.

* * *

Диалог, состоявшийся между Менде и Морозовым, мне показался крайне любопытным. Поражает «смелость» последнего; сразу чувствуется, что за этим господином стоят могучие силы ФИАНа.⁵⁸ В 2005 году мне довелось столкнуться с ними, когда я пытался доказать справедливость точной формулы для Доплер-эффекта.⁵⁹ Про эти темные силы знает, очевидно, и Федор Федорович. Сегодня он пытается доказать свою правоту в вопросе, который связан с аббревиатурой ДДПП.⁶⁰ Так пожелаем же ему, дорогой читатель, успехов в его нелегкой борьбе.

* * *

В.Э. 2012-12-16: Я посмотрел в Интернете об этом Ф.Ф. Менде. Он родился 2 июля 1939 г., во время баталий с Морозовым ему было 69 лет, и он пенсионер; раньше работал в Институте физики низких температур Украинской АН, был зав.лабом и зам. директора института. Уже во время баталий на форумах у него был открыт свой сайт <http://fmnauka.narod.ru/> (правда, только что открыт: первая запись в его гостевой книге 11.05.2008 18:29).

Вот некоторые материалы из его сайта:

⁵⁸ **В.Э. 2012-12-16:** Да не надо тут никаких сил. Менде вел себя неадекватно (по крайней мере, насколько это видно из приведенных Акимовым материалов), аргументов не выдвигал, по теме не говорил, требовал от других что-то запомнить и оскорблял их; его долго терпели, но в конце концов удалили – и правильно сделали; я бы тоже удалил.

⁵⁹ **В.Э. 2012-12-16:** Которая неправильна или, точнее, правильна, но описывает не эффект Доплера, а другое явление, не имеющее практического значения.

⁶⁰ **В.Э. 2012-12-17:** Видимо, это «дисперсия диэлектрической проницаемости плазмы», а не «дегенеративно-дистрофические поражения позвоночника» (две расшифровки, предлагаемые Интернетом).

Разумное письмо доктора Туницкой и ответ Менде на него⁶¹

27.07.2008 13:04

Вера

Уважаемый г-н Менде!

Я попыталась ответить Вам по поводу Вашей критики комиссии по борьбе с лженаукой, на форуме (в блогах) Известия науки. Однако я свое сообщение не смогла увидеть. Возможно, там существует премодерация и оно появится (или не появится) позже – но об этом в правилах ничего не сказано.

Поэтому на всякий случай я повторяю свое сообщение здесь.

Уважаемый Федор Федорович!

Я ознакомилась (посредством ЖЖ) с Вашими письмами (несколькими в разной редакции) против Комиссии по борьбе со лженаукой.

К сожалению, я не физик, поэтому по существу заявленных Вами конкретных претензий я ничего сказать не могу и не имею права. Но поскольку Вы формулируете понятие «альтернативная наука» в целом (и упомянутая комиссия занимается не только физикой) – тут я имею право голоса.

Альтернативная наука сегодня не нуждается в защите. Мы все нуждаемся в защите от альтернативной науки. Я не знаю, насколько опасны фрики в области теоретической и даже экспериментальной физики (возможно, кроме напрасной траты государственных денег, это ничем не грозит) – но я хорошо знаю, сколько здоровья и сколько жизней унесли биологические и медицинские «альтернативщики», пользуясь преференциями во всех СМИ вплоть до центрального телевидения, и поголовной неграмотностью населения, которое все принимает за чистую монету и проверяет на собственных организмах.

Если б эта Комиссия смогла хотя бы убрать с ТВ Малахова, не считая других жуликов и психов – за одно это я согласилась бы содержать ее на свои налоги с большим удовольствием.

Хотелось бы, чтоб Вы отдавали себе отчет, что поскольку функции Комиссии распространяются на все области лженауки, а не только на физику – Вашей бескомпромиссной борьбой с комиссией Вы способствуете национальной трагедии погружения в средневековье, где рак лечат керосином и мочой, мрут от столбняка и дифтерита, отказываясь от прививок, и отказываются есть продукты, предполагая, что словосочетание «модифицированный крахмал» предполагает ГЕННУЮ модификацию КРАХМАЛА(!)

Непонятно, почему собственно Вы так беспокоитесь о научных форумах. Если Ваши научные достижения не являются фриками и могут быть теоретически доказаны и/или экспериментально подтверждены – кто и что мешает Вам публиковать Ваши данные в рецензируемых научных журналах, как наших, так и зарубежных, и плевать с высокой колокольни на Морозова и прочих «форумских оккупантов».

Наука не делается на форумах.

С уважением – д.х.н. (мол.биол.) В. Туницкая

18.08.2008 13:43

Федор Менде

Уважаемая, госпожа В. Туницкая!

Я долго думал, что же ответить Вам на Ваше полное озабоченности письмо. Китайцы говорят, что не дай бог нам жить во времена великих перемен. Но именно нашему поколению приходится жить в такое время. Какое общество способно в течение почти ста лет находиться в состоянии постоянной революции и не погибнуть? Многим казалось, что перейдем на капиталистические рельсы, и всё образуется само собой. Но те устойчивые капиталистические формации, на которые можно ориентироваться, создавались столетиями на эволюционных принципах развития. Основой этих принципов была частная собственность и жесточайшая конкуренция, когда для достижения цели все средства хороши. Но, как ни странно, именно эти принципы и сформировали те технократические общества, которые совершили научно-техническую и социальную революцию в своих странах.

Сила любой нации заключается в её традициях и принципах, написанных не на плакатах, а воспитанных в каждом члене общества самим обществом на протяжении многих поколений. Для

⁶¹ Из гостевой книги сайта <http://fmnauka.narod.ru/> (сайта Ф.Ф. Менде).

самурая ведь честь всегда была гораздо дороже жизни. А нас воспитывали на примерах Павлика Морозова и Павки Корчагина и внушали, что самое дорогое у человека это жизнь, а потом уже честь. Вот вам и результаты. Где теперь японцы, а где мы? Если каждый кирпич, из которого построено здание, низкосортный, то и здание такое же.

Я полностью разделяю Ваше беспокойство по поводу той тревожной ситуации, которая сложилась на постсоветском пространстве в самых различных сферах общественной жизни, в том числе и в науке. Но ничего другого и ожидать было нельзя, глядя на ту историю, которую пережило народонаселение указанных территорий. Мы переходим от утопической внешне очень привлекательной коммунистической идеи, когда человек человеку друг, товарищ и брат к реальной жизни капиталистического общества, где человек человеку волк. Здесь всё, включая и мораль, которая тоже является товаром, покупается и продается. И вот, именно с учётом этих принципов, и реально существующего положения дел мы и имеем всё то, о чём Вы пишете.

Думаю, что Вы хорошо понимаете, что возможности идеологического прессинга, которые были в распоряжении КПСС, ни в какое сравнение не идут с теми возможностями, которыми располагают сейчас в основном слабые постсоветские государства. Но даже та могучая идеологическая машина ничего не смогла противопоставить желанию людей иметь своё мнение и мыслить, как они хотят.

Все те пороки, о которых Вы говорите, это неизбежное зло достаточно длительного переходного периода, который придётся пережить, если на это хватит времени и сил. Но на этом этапе развития необходимо обеспечить, как это не трудно, свободную, если хотите, очень жесткую конкуренцию услуг. Под словом услуги я понимаю очень широкий спектр понятий, включая бытовые, правовые, социальные и пр. услуги. Люди идут к знахарям и целителям не потому, что им это очень нравится, а потому, что потеряли веру в официальную медицину, не только не предоставляющую сносных медицинских услуг, но ещё и пропитанную коррупцией и дороговизной. Предоставьте им уровень медицинского обслуживания европейского образца, и я уверяю Вас в том, что многие целители останутся без работы.

Обратите внимание, что очень важная роль любого развитого капиталистического государства заключается в недопущении на рынке услуг монополизма. Такие попытки присекаются уже на самом начальном этапе создания любых форм бизнеса. Если же монополизм начинает проявляться в процессе развития самого бизнеса, то государство тоже не очень церемонится с такими монополиями.

На постсоветском пространстве пышным цветом расцветают афёры социального характера, в сфере бизнеса, медицины, информационных и других услуг. Ужасающие масштабы приобретает проституция, наркомания и СПИД косят общество. И вот здесь, оглядываясь на диктаторский опыт СССР, многие начинают думать, что введение запретительных мер даст положительный результат. Поздно. Нужно было думать об этом раньше и не шарахаться из стороны в сторону, а планомерно и постепенно по китайскому сценарию переходить от диктатуры к цивилизованным демократическим формам управления.

Теперь на фоне этих проблем вернёмся к идее создания Комиссии Круглякова по борьбе с лженаукой (в дальнейшем Комиссия), главным инициатором создания которой был академик РАН В.Л. Гинзбург и попытаемся разобраться, какие при этом преследовались цели и какие результаты её деятельности на данный момент уже имеются. Думаю, что Вы согласитесь с тем, что подавляющее большинство граждан России вообще не знают о существовании такой комиссии и о результатах её деятельности. И количество граждан, которые пользуются услугами всяких шарлатанов и попадают на их удочку, зависит не от её существования, а от того насколько быстро будут развиваться производительные силы и культура самого общества. Несколько лет тому назад появилась очень своевременная и злободневная статья Ольги Ивановны Перовой «Тёмные игры в физике», актуальность которой на сегодняшний день не только не снизилась, но и значительно возросла. Развивая основные мысли, изложенные в этой статье, ещё раз укажу, что цензура, особенно в науке, никогда ничего хорошего не приносила. Достаточно вспомнить те времена, когда АН СССР, являясь по сути дела не научной, а политической организацией, всей своей мощью боролась против кибернетики и генетики. Тогда тоже эти научные направления были причислены к лженаучным. Конечно в то время эти действия были направлены не на развитие науки, а на защиту интересов тех реакционных учёных типа Лысенко, которые управляли советской наукой. Как мы видим всё повторяется, опять лженаука и лжеучёные, опять борьба за чистоту науки. Но где те критерии, которые могут отличить истинную науку от её антипода. Нет, цели создания упомянутой Комиссии совсем

другие. Это стремление максимально законсервировать те порядки, которые существовали в АН СССР и защитить интересы той немногочисленной группы консерваторов, которые не хотят никаких перемен. Тактика, которую при этом выбрала указанная Комиссия, весьма изощрённая. Нельзя путать шарлатанов от медицины, всяких гадалок и ясновидящих с физиками альтернативщиками. Если первые результатом своей деятельности видят наживу, то вторые, в подавляющем своём большинстве, честные и добросовестные люди, которые работают совершенно бескорыстно, пытаются двигать науку вперёд. Но в том то и коварство Комиссии,⁶² что всё это сваливается в одну кучу и с целью дискредитации альтернативщиков целенаправленно постоянно проводятся параллели между деятельностью и тех и других. И следует отметить, что деятельность Комиссии, направленная на реализацию этих целей, очень хорошо организована и скоординирована. Возьмём, к примеру, работу форумов, на которых обсуждаются вопросы развития современной физики. В них я участвую с начала мая 2008 г., но даже этого короткого времени оказалось достаточным, чтобы убедиться, что работа многих из них подчинена решению задач, преследуемых Комиссией. Наиболее показательной является работа Дискуссионного клуба <http://phorum.lebedev.ru/viewforum.php?f=26>, расположенного на официальном сайте ФИАН им. П.Н. Лебедева. Вот только несколько эпизодов моих взаимоотношений с модератором этого форума В.Б. Морозовым. Когда я представил на форум свои первые статьи, В.Б. Морозов в одном из своих постов написал, что они украшают форум. Но стоило мне заикнуться о том, что в трудах Ландау и Гинзбурга имеются методические и физические ошибки, как тон В.Б. Морозова мгновенно с дружелюбного превратился в оскорбительный. Причём в его заявлениях не было никакой аргументации, кроме слов это чушь, вы не физик, вам нужно читать школьные учебники и т.д. А когда я написал открытое письмо академику В.Л. Гинзбургу <http://dxdy.ru/viewtopic.php?t=14902>, господин В.Б. Морозов вообще начал заниматься провокациями

<http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1215243393>.

Его провокационные действия не остановило и мое обращение к руководству ФИАН

<http://live.cnews.ru/forum/index.php?showtopic=46395>,

откуда можно сделать вывод, что такая политика названного модератора согласована с руководством этой организации. Правда, В.Б. Морозов не учёл, что те работы, которые он так страстно ругал, опубликованы за рубежом

<http://arxiv.org/abs/physics/0402084>

<http://arxiv.org/abs/physics/0506081>

<http://arxiv.org/abs/physics/0506082>

<http://arxiv.org/abs/physics/0506083>

и получили там признание.

Так ведущая лаборатория США по физике плазмы Plasma Physics Laboratory Princeton University пригласила меня сделать два заказных доклада на эту тему (см. Приглашение на симпозиум <http://fmnauka.narod.ru/links.html>).

В последующем оказалось, что такая некомпетентность модератора В.Б. Морозова связана с очень низким уровнем его знаний в области электродинамики,

<http://phorum.lebedev.ru/viewtopic.php?t=1823&sid=8ec4325925c0b901d2c7fcaea3047a93>.

Вызывает удивление тот факт, что такой «специалист» вершит судьбы очень важного раздела форума, превратив его в театр одного актёра, где треть всех представляемых на форум тем выставляются от его имени, а комментарии по темам и того более. Он с большим апломбом комментирует статьи по всем без исключения вопросам физики. Такая политика не даёт возможность другим участникам форума нормально участвовать в его работе. Показательно, что все сторонники В.Б. Морозова выступают на форумах под вымышленными никами обезьян, крокодилов и пр. и их манера общения сводится почти к площадным выражениям. Не лучшее положение дел и на некоторых других форумах, которые оккупированы сторонниками Комиссии. Например, на форуме <http://dxdy.ru/diskussionnye-temy-f-f29-0.html> особенно реакционную политику проводит модератор photon, где меня вообще без объяснения причин лишили права участия в работе форума. К сожалению, примерно такую же позицию занимает и раздел <http://www.nkj.ru/forum/forum14/> форума журнала «Наука и жизнь», где текст темы

⁶² В.Э. 2012-12-16: У Менде какая-то бредовая «идея фикс» о деятельности Комиссии – как будто это она всё организует и управляет... (В вышедших до сих пор 11 номерах бюллетеня «В защиту науки» Менде ни разу не упоминается).

<http://www.nkj.ru/forum/forum14/topic10427/messages/> модератор Татьяна Зимина вообще ликвидировала, оставив возможность её обсуждения без наличия текста самой темы. Такую же позицию занимает раздел форума <http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?board=physic> (модераторы kkdil и peregoudov). Не лучшим образом обстоят дела и на форуме <http://forum.membrana.ru/forum/scitech.html>. Вот что означает политика Комиссии в действии. То, чем занимаются сторонники Комиссии на этих форумах можно назвать лишь одним словом – протекционизм. Здесь постоянно восхваляются и возносятся до небес сторонники Гинзбурга, как будто бы других учёных, таких как Боголюбов, Власов и др. и не существовало.

К счастью, не все научные форумы занимают такую реакционную позицию. Ничего плохого не могу сказать о разделах

<http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?board=physik-alt> и

<http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?board=nauka> форума

<http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl>. Нормально работает форум

<http://live.cnews.ru/forum/index.php?s=3b0468c146bea01c1437a24606caed50&showforum=259>,

а также раздел форума журнала «Наука и жизнь» <http://www.nkj.ru/forum/forum10/>. Демократично работает форум <http://www.computerra.ru/forum/list.php?FID=29>, и ряд других форумов.⁶³

Хочу ответить ещё на один сформулированный Вами вопрос: «Если Ваши научные достижения не являются фриками и могут быть теоретически доказаны и/или экспериментально подтверждены – кто и что мешает Вам публиковать Ваши данные в рецензируемых научных журналах, как наших, так и зарубежных, и плевать с высокой колокольни на Морозова и прочих "форумских оккупантов"».

Я не могу пожаловаться на то, что мои работы не публикуют в рецензируемых научных журналах <http://scholar.google.com/scholar?q=F.+F.+Mende&hl=en&lr=&btnG=Search>.

В списке моих научных работ более 200 наименований, среди которых 5 монографий <http://fmnauka.narod.ru/links.html>. Эти работы касаются, в частности, фундаментальных и прикладных вопросов электродинамики сверхпроводников, и они хорошо известны специалистам в этой области. Я очень много времени занимался решением различных оборонных задач и являюсь автор более 80-ти авторских свидетельств на изобретения. Но у меня есть работы и альтернативного характера, в которых я пытаюсь решить нерешённые проблемы электродинамики. Имеются и работы, в которых указано на ошибки, допущенные в фундаментальных работах по электродинамике таких авторов, как Л.Д. Ландау и В.Л. Гинзбург. Недавно вышла в свет моя очередная монография «Непротиворечивая электродинамика» <http://fmnauka.narod.ru/links.html>, где рассматриваются, в частности, и эти вопросы.

Уважаемая, госпожа В. Туницкая, Вы совершенно правильно отмечаете, что наука не делается на форумах. Но тогда объясните мне, почему так много внимания уделяет Комиссия Круглякова работе форумов. Яркий пример тому, как я уже сказал, форум <http://phorum.lebedev.ru/viewforum.php?f=26>, расположенный на официальном сайте государственной организации ФИАН им. П.Н. Лебедева, где работает академик РАН В.Л. Гинзбург. Ответ прост. На форумах ведётся, отнюдь, не научная, а пропагандистская война против «инакомыслия». И если господин В.Б. Морозов двадцать раз во всех доступных для пропаганды местах скажет, что Менде дурак http://community.livejournal.com/science_freaks/971133.html, то этому, в конце концов, начнут верить. Вот и приходится учёным, чтобы как-то защититься от этой клеветы, участвовать в этом неблагоприятном мероприятии.

Теперь несколько слов о передаче Малахова. Я не верю ни гороскопам, ни гадалкам, ни ясновидящим, ни знахарям и прекрасно понимаю, какой громадный урон обществу они наносят. Но повторяю, мы сознательно перешли на капиталистический путь развития, где на любой спрос всегда найдётся и соответствующий товар. ТВ коммерческая структура, и она пытается удовлетворять спрос на свою продукцию. Значит те передачи, которые ведёт Малахов, имеют спрос. Думаю, что Вам, как и мне, неприятно видеть, как некоторые серьёзные газеты печатают на своих страницах гороскопы. И, опять таки, делают они это из коммерческих соображений, и никакие Комиссии Кругляковых им это запретить не смогут.

С уважением, д.т.н. Ф.Ф. Менде.

⁶³ В.Э. 2012-12-16: Если Менде за какие-нибудь два-три месяца успел перебивать на ТАКОМ количестве форумов и из большей их части его успели выгнать, то это уж точно подходит под понятие «назойливая реклама». (Я, например, с Веданской теорией вообще не был ни на одном форуме).

Что же рекламировал Менде на всех этих форумах?

04 Марта 2010, 15:27:18

Вышла из печати монография Ф.Ф. Менде «Великие заблуждения и ошибки физиков XIX–XX столетий. Революция в современной физике»⁶⁴ <http://fmnauka.narod.ru/Pro1.pdf>⁶⁵

Кто мог подумать, что классическая электродинамика на протяжении всех двухсот лет своего развития шла по неверному пути. Что ошибались все, начиная с Ампера, Фарадея, Максвелла и Герца и заканчивая Эйнштейном. Что индукционные электрические поля, в том числе и поля излучения, имеют не вихревую, а градиентную природу, и что магнитное поле это всего лишь математическая выдумка, а заряд не является инвариантом скорости.

Ландау и в страшном сне не могло присниться, что частотная дисперсия таких материальных параметров, как диэлектрическая и магнитная проницаемость, это сплошная метафизика, которую он унаследовал от Друде, Хевисайда и Вула и заложил в основы всей электродинамики материальных сред.

Почему же такое могла случиться? Да по той причине, что те времена, когда сожгли Джордано Бруно и чуть не сожгли Коперника, совсем не канули в лету, а повторяются. В науке по-прежнему свирепствует средневековая инквизиция, а физика является одной из самых консервативных политизированных наук, и её украли различные религии и националистические кланы, основанные клерками из патентных бюро и изобретателями чёрных дыр.

О том производственном браке, который допустили в своей работе Ампер, Фарадей, Максвелл, Герц, Друде, Хевисайд, Вул, Ландау, Гинзбург, Ахиезер и многие другие физики, и который теперь необходимо исправлять, и идёт речь в монографии «Великие заблуждения и ошибки физиков XIX–XX столетий. Революция в современной физике», которая сегодня вышла из печати.

«Последнее редактирование: 04 Марта 2010, 21:57:33 от FedorM»

Физические идеи, экспериментальные результаты и методы исследования

В процессе работы ученые постоянно стремятся найти, узнать и исследовать что-то новое. Этот постоянный поиск порождает новые идеи, которые и служат основой новых научных и технических проектов. Но философия бытия такова, что всё новое пробивает себе дорогу только в постоянной борьбе со старым. Наука, не является исключением в этом ряду, и по своей сути и методам она очень похожа на религию со своими богами, идолами и сектами. Сама история науки свидетельство этому. Джордано Бруно, Галилей, Коперник, Мах, Эйнштейн, Нильс Бор, Лысенко, Королев и многие другие известные имена разве ничего нам об этом не говорят? Ученые очень не любят вспоминать о тех временах, когда они боролись с кибернетикой, генетикой и теорией относительности как с лженаукой. В настоящее же время существует другая крайность, когда ученых, несогласных с правильностью теории относительности, пытаются всячески дискриминировать. Но крайности всегда опасны, особенно для тех, кто действительно не в угоду клановым интересам и политической целесообразности пытается быть объективным.

В настоящее время на научном поле битвы идет беспощадная борьба не столько за чистоту и бескомпромиссность науки, сколько за те громадные материальные ресурсы, которые общество выделяет для этих целей. И для того, чтобы получить эти средства, бывают все методы хороши. Нередки случаи, когда какое-то научное направление уже давно потеряло свою актуальность, но, освященное богами от науки, еще длительное время продолжает забирать громадные материальные ресурсы, и, что самое плохое, закрывает дорогу новому.

Конечно, в науке не всё так плохо, и тот прогресс, который мы наблюдаем повсюду, в первую очередь обязан ученым. Но в науке, впрочем, как в любой другой отрасли человеческой деятельности, существуют плебеи и патриции, феодалы и вассалы. Не прекращаются попытки разделить ученых на касты, деля науку на фундаментальную и прикладную.

⁶⁴ В.Э. 2012-12-17: Издательство «НТМТ», Харьков, 176 с., тираж 300 экз., «Авторська редакція», «Подписано к печати 15.02. 2010 р.»; PDF создан 2010.02.07 19:12 при помощи *Acrobat Distiller 6.0* (Windows), автор Nata.

⁶⁵ В.Э. 2012-12-17: Я эту работу пролистал; особых, вопиющих несуразностей там не видно – в принципе похожа на настоящую научную работу, если только не эти крикливые заявления о «революции в физике» и о том, что до Менде совершали ошибки поголовно все, начиная с Ампера. Но сама эта область науки слишком далека от моих интересов, чтобы я в это стал углубляться.

Ученые часто боятся обнародовать свои идеи, боясь нарушить тот догмат, который имеет место в науке. А редакции уважаемых научных журналов очень часто тщательно его блюдут.

Очень жаль, что в существующих научных журналах нет специальных разделов, которые бы публиковали статьи авторов, точка зрения которых не совпадает с общепринятой. Но этот факт еще раз подтверждает сказанное выше. В этой связи громадным достижением интернета является возможность для всех людей, в том числе и для ученых, свободно обмениваться информацией. А это верный способ борьбы за свои убеждения.

Я практически всю свою сознательную жизнь занимаюсь научной деятельностью и поэтому хорошо знаю, что это означает. Мне приходилось руководить очень крупными научными коллективами, но я никогда не делил ни ученых, ни науку на касты. За свою жизнь я опубликовал много научных работ, кстати, не все они совпадали с общепринятыми точками зрения, и опубликовать их было очень непросто. Для меня единственным богом всегда была наука, и я служил и служу этому богу добросовестно.

Если кто-то поинтересуется моими работами, опубликованными в официальных научных источниках, то для этого следует обратиться к поисковым системам в интернете, но на данном сайте я постараюсь представлять те работы, которые не всегда полностью совпадали и совпадают с официальной точкой зрения. Работы будут представлены в таком виде, что бы они были понятны и студентам соответствующих специальностей и молодым ученым, давая почву для размышлений и дальнейшего развития рассмотренных вопросов.

И в заключение хочу обратиться прежде всего к молодым ученым: «Не бойтесь, не бойтесь и, еще раз, не бойтесь!» И не забывайте хорошую пословицу, что плох тот солдат, который не хочет стать генералом.

Желаю Вам успехов в научной деятельности
д.т.н. Ф.Ф. Менде.

Президенту Российской Федерации Д.А. Медведеву.

Ул. Ильинка, д. 23, 103132, Москва, Россия.

Глубокоуважаемый Дмитрий Анатольевич!

Я, Менде Федор Федорович, доктор технических наук по специальности физика низких температур и криогенная техника всю свою жизнь проработал в НТК ФТИНТ АН УССР. Это был крупный научно-технический комплекс, выполнявший большой объем научно-исследовательских работ, в том числе и оборонного назначения. Этими вопросами занималось СКТБ ФТИНТ АН УССР, где я на протяжении длительного времени занимал должность заместителя директора по научной работе.

Моя научная деятельность была связана с фундаментальными и прикладными исследованиями высокочастотных свойств сверхпроводников и применения этого явления для решения оборонных задач. В списке моих научных работ более 200 наименований, среди которых две монографии Менде Ф.Ф. Бондаренко И.Н. Трубицын А.В. Сверхпроводящие и охлаждаемые резонансные системы. – Киев: Наук. Думка, 1976. – 272 с. http://biblioteka-dzvon.narod.ru/docs/Mende_Sverhprovodjashchie_sistemy.djvu <http://lib.mexmat.ru/books/58456> и Менде Ф. Ф., Спицын А. И. Поверхностный импеданс сверхпроводников. – Киев: Наук. думка, 1985.– 240 с., изданные ещё в советское время.

Рухнул Советский Союз, и нет уже СКТБ ФТИНТ, который в своё время представлял межотраслевой НИИ физики низких температур и криогенной техники. Но с тех пор, как я стал пенсионером, меня лишили возможности публиковаться в журналах Российской академии наук. В июне прошлого года я направил свою работу «Роль и место кинетической индуктивности в классической электродинамике» для публикации в «Журнал технической физики» [tp@journals.ioffe.ru](http://journals.ioffe.ru), где в бытность моего официального статуса учёного было опубликовано 9 статей с моим соавторством, но до настоящего времени ни положительного, ни отрицательного ответа из редакции журнала я так и не получил. В сложившейся ситуации у меня остаётся единственная возможность публиковать свои научные результаты в виде монографий, оплачивая расходы за свои личные деньги. За последние годы я издал три таких монографии:

<http://www.forum.za-nauku.ru/index.php/topic,101.0.html>

<http://www.forum.za-nauku.ru/index.php/topic,100.0.html>

<http://www.forum.za-nauku.ru/index.php/topic,162.0.html>

Существует ещё одна форма донесения научных результатов до широкой общественности, это представление их на научных форумах. Такие форумы имеются на официальных сайтах государственных учреждений, таких как Физический институт РАН им. П.Н. Лебедева <http://phorum.lebedev.ru/viewforum.php?f=26> и Московского госуниверситета <http://www.dubinushka.ru/forums>, <http://dxdy.ru/diskussionnye-temy-f-f29-0.html>, куда я и представил свои работы. Но кроме унижений, оскорблений я там ничего не услышал, на меня повесили ярлык лжеучёного, и очень быстро лишили права участия в этих форумах. Вскоре я понял, что на указанных форумах имеются группы провокаторов, которые являются сторонниками Комиссии по борьбе с лженаукой при Президиуме РАН. Все новаторские работы, не лежащие в русле официальных доктрин, там немедленно признаются лженаучными, а их авторы подвергаются оскорблениям и унижениям.

Посылаю Вам мою последнюю монографию и прошу обязать РАН в лице её Комиссию по борьбе с лженаукой провести тщательный анализ результатов, представленных в монографии, на предмет того, какие из них являются лженаучными, а какие нет, и заключение по этому поводу направить в мой адрес.

Считаю такую просьбу вполне обоснованной, т.к. Комиссия по борьбе с лженаукой для этих целей и создана.

Прошу также содействия в том, чтобы меня впредь не изгоняли с упомянутых форумов, а также не принимали по отношению ко мне, как к пенсионеру, дискриминационных мер при рассмотрении моих работ, направленных для опубликования в журналах РАН. Прошу также содействовать тому, чтобы редакция «Журнала технической физики» сообщила мне, в конце концов, о положении дел с рассмотрением вопроса публикации моей статьи.

26.03.10. д.т.н. Ф.Ф. Менде.

* * *

В.Э. 2012-12-17: Итак, Ф.Ф. Менде – это бывший научный работник среднего звена (уровня завлаб – замдиректора КБ), который на пенсии занялся «революцией в физике». Очевидно, его подвело слишком неуравновешенное поведение: уравновешенный ученый должен предлагать новую концепцию, лучше чем предыдущие, объясняющую то-то и то-то, а не «совершать революции» и обвинять всех предшественников в «ошибках» и «производственном браке». Тогда можно спокойно разбираться, какова эта концепция, что она объясняет, и действительно ли лучше, чем предыдущие.

Именно так поступает Веданская теория. Ну, а если при ТАКОЙ постановке вопроса «ортодоксальная наука» отказывается новую концепцию вообще рассматривать, то против нее должны уже приниматься соответствующие меры.

Научно-популярное издание
«Мысли об Истине»
Выпуск № 64
Сформирован 26 февраля 2016 года

Все читатели приглашаются принять участие в создании альманаха МОИ и присылать свои статьи и заметки для этого издания по адресу: Marina.Olegovna@gmail.com. Если присланные материалы будут соответствовать направлению Альманаха и минимальным требованиям информативности и корректности, то они будут опубликованы в нашем издании.

Основной вид существования Альманаха МОИ – в виде PDF-файлов в Вашем компьютере. Держите все выпуски МОИ в одной папке. Скачать PDF-ы можно с разных мест в Интернете, и не важно, откуда номер скачан. В Интернете нет одной фиксированной резиденции МОИ.

Содержание

<i>Олег Акимов.</i> Эффект Доплера	2
<i>Олег Акимов.</i> Введение в акустику. Природа звука и ультразвука	3
<i>Олег Акимов.</i> О формуле, описывающей классический эффект Доплера	25
Приложение. Вывод традиционной формулы, описывающей классический эффект Доплера	29
<i>Олег Акимов.</i> Ошибочность релятивистской формулы Доплера	34
Свет и звук распространяются одностипно	34
Конус ударной волны и поперечный эффект Доплера.....	37
Парадокса штриха.....	41
<i>Олег Акимов.</i> Квантовая теория Доплер-эффекта В.Л. Гинзбурга.....	47
Электрон – не точка!.....	55
Эффект Дьявола	61
<i>Олег Акимов.</i> Часто задаваемые вопросы по эффекту Доплера	69
1-е замечание Иванова.....	69
1-й комментарий Акимова	70
2-е замечание Иванова.....	70
2-й комментарий Акимова	70
3-е замечание Иванова.....	72
3-й комментарий Акимова	72
4-е замечание Иванова.....	73
4-й комментарий Акимова	74
5-е замечание Иванова.....	75
5-й комментарий Акимова	75
6-е замечание Иванова.....	76
6-й комментарий Акимова	76
<i>Олег Е. Акимов.</i> Использование в медицине поперечного эффекта Доплера для ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой системы	78
Ultrasound Doppler Probing of Flows Transverse with Respect to Beam Axis	88
Introduction.....	89
Two-dimensional analysis.....	90
Three-dimensional considerations	93
Experimental procedures.....	96
Experimental results.....	98
Summary and discussion.....	100
Acknowledgment	101
References.....	101
<i>Олег Акимов.</i> Сильные заморозки на территории Рунета	103
1. Моя нечаянная встреча с Дедом Морозом	103
2. Осторожно, провокация!	107
3. Открытое письмо	111
4. Я просил вас выучить наизусть	115
Разумное письмо доктора Туницкой и ответ Менде на него.....	119
Что же рекламировал Менде на всех этих форумах?	123
Физические идеи, экспериментальные результаты и методы исследования	123
Президенту Российской Федерации Д.А. Медведеву.	124
Содержание	126