

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

Литература:

Лекции

1. В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов. Медицинская и биологическая физика. Курс лекций с задачами. – М.: издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2009, 592 с.
2. А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я Потапенко. Медицинская и биологическая физика. М.: Дрофа, 2007, 558 с.
3. В.О. Антонов, А.М. Черныш, В.И. Пасечкин, С.А. Вознесенский Е.К. Козлова. Биофизика. М.: Владос; 2006; 287 с.

4. Медицинская физика: учебник / авт.-сост.: В. А. Федоров А.В. Яковлев С.В. Васильева; М-во обр. и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2012. 122 с.

практика

1. Рабочая тетрадь по учебной дисциплине «Медицинская физика». Учебно-методическое пособие Часть 2: / авт.-сост.: А.В. Чиванов, А.В. Яковлев, М.В. Бойцова, В.А. Федоров; М-во обр. и науки РФ, ФГБОУ ВО «Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина». Тамбов: Тамбов, 2018. 102 с.

2. Физика. Организация работы студентов в физической лаборатории: учеб.-метод. пособие / сост. В.А. Фёдоров, М.В. Бойцова, А.В. Чиванов Т.В. Стукалина; М-во образования, ФГБОУ ВПО «Тамб. гос. ун-т имени Г.Р. Державина». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2012. – 28 с.

3. Измерительные приборы. Обработка результатов измерений: учеб.- метод. пособие / сост. В.А. Фёдоров, А.В. Чиванов, М.В. Бойцова, Т.Н. Плужникова; М-во образования, ФГБОУ ВПО «Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2011. – 91 с.

Дополнительная литература

1. Левашов Н.В. Сущность и разум. Том 1. – Сан-Франциско, 2000. – 323 с.
2. Левашов Н.В. Сущность и разум. Том 2. – Сан-Франциско, 2003. – 298 с.
3. Пейчев Николай. Полная система восстановления здоровья. – М.: 2013.
4. Пейчев Николай. Многомерная модель человека. Как избавиться от любого заболевания и никогда в жизни больше не болеть. – М.: 2014.
5. Синельников В.В. Возлюби болезнь свою. Как стать здоровым, познав радость жизни. – М.: ЗАО 6. Издательство Центрполиграф, 2015. – 416 с.
- Батмангхелидж Ферейдун. Ваше тело просит воды. 2004.

Акустика. Физика слуха

§. Акустика, звук

а) Акустика – область физики, изучающая упругие колебания и волны, методы получения и регистрации колебаний и волн, их взаимодействие с веществом. Звуковые явления, изучаемые в акустике, чрезвычайно важны для медицины, особенно для оценки слуховых ощущений.

В норме ухо человека слышит звук в диапазоне частот от 16 до 20000 Гц. С возрастом верхняя граница этого диапазона уменьшается (табл. 1).

Таблица 1

Возраст	Верхняя граница
Маленькие дети	22000 Гц
До 20 лет	20000 Гц
35 лет	~ 15000 Гц
50 лет	~ 12000 Гц

Звук с частотами меньше 16 Гц – это инфразвук. Если частота звука выше 20 кГц – это ультразвук. Частоты волн в диапазоне 10^9 – 10^{12} Гц – это гиперзвук.

б) Характеристики звука.

- *Интенсивность звука (I).*
- *Порог слышимости $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – это минимальная интенсивность воспринимаемого звука – порог восприятия звука в норме. У некоторых людей может быть 10^{-13} Вт/м² или 10^{-9} Вт/м².*
- *Порог болевого ощущения $I_{\max} = 10$ Вт/м². Звук такой интенсивности человек перестает слышать и воспринимает его как ощущение давления или боли. Чувствительность уха колоссальна от I_0 до I_{\max} отличается в 10^{13} раз.*

• *Звуковое давление.* Распространение звуковой волны сопровождается изменением давления. Звуковое давление – (P) давление, дополнительно возникающее при прохождении звуковой волны в среде. Оно является избыточным, и воздействует на барабанную перепонку.

Давление на пороге слышимости $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Давление при болевом ощущении $P_{\max} = 60$ Па.

Между интенсивностью звука I и звуковым давлением есть связь: $I = P^2 / 2\rho \cdot v$,

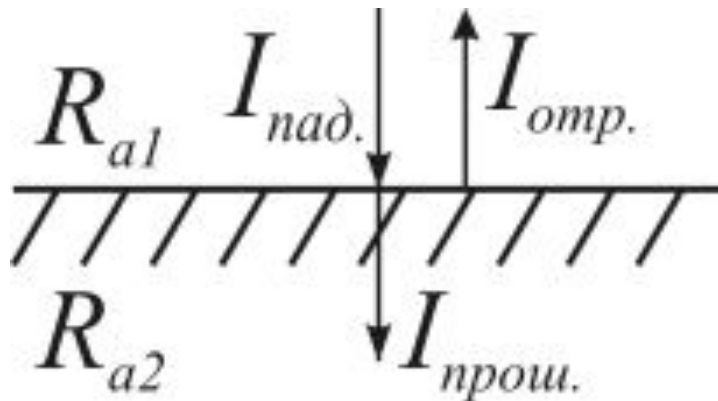
здесь ρ – плотность среды; v – скорость звуковой волны.

Волновое сопротивление среды (R_a). Это произведение плотности среды на скорость звука в среде: $R_a = \rho \cdot v$ [кг/м²с] (табл. 2).

Таблица 2. Скорость звука и волновое сопротивление для различных сред

Вещество	v , м/с	R_a
Воздух	331	0,00043
Сталь	5100	40
Мозг	1520	1,6
Кость черепа	3660	6,22
Жировая ткань	1460	1,32

Коэффициент отражения (r) – величина, равная отношению интенсивностей отраженной и падающей волны: $R = I_{\text{отр}} / I_{\text{пад.}}$



При нормальном падении на поверхность звуковой волны (рис. 6) коэффициент отражения рассчитывается по формуле:

$$r = (R_{a2} - R_{a1}) / (R_{a2} + R_{a1}).$$

Коэффициент пропускания (β) – величина, равная отношению интенсивностей прошедшей (преломленной) и падающей волн

$$\beta = I_{\text{прош}} / I_{\text{пад}}.$$

Сумма $r + \beta = 1$. R_{a1} и R_{a2} – волновые сопротивления первой и второй сред соответственно.

При сравнении интенсивностей звука удобно пользоваться логарифмической шкалой, т.е. сравнивать не сами величины интенсивности, а их логарифмы. Для этого используется величина L – уровень интенсивности.

$$L = \lg(I / I_0) = 2 \cdot \lg(P / P_0).$$

I_0 – начальный уровень шкалы; минимальный уровень интенсивности, который начинает воспринимать ухо человека (выражается в беллах).

Единицей уровня интенсивности является Бел [Б]. Если интенсивность возрастает в 10 раз, то уровень интенсивности возрастает на 1 Б.

На практике используют более мелкую единицу уровня интенсивности [дБ] – децибел. $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$. Тогда $L_{\text{дБ}} = 10 \lg(I / I_0)$ или $L_{\text{дБ}} = 2 \lg(P / P_0)$.

Интенсивность звука от нескольких источников

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

§. Закон Вебера-Фехнера

Если увеличивать раздражение в геометрической прогрессии (т.е. в одинаковое число раз), то ощущение этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии (т.е. на одинаковую величину).

Громкость звука. Субъективное восприятие интенсивности звука связано не только с уровнем интенсивности, но и с частотой звука. При построении шкалы громкости учитывают восприимчивость уха «среднего» человека к различным частотам.

Поступают следующим образом. Для звука с частотой 1 кГц вводят единицу уровня громкости – *фон*, которая соответствует уровню интенсивности 1 дБ.

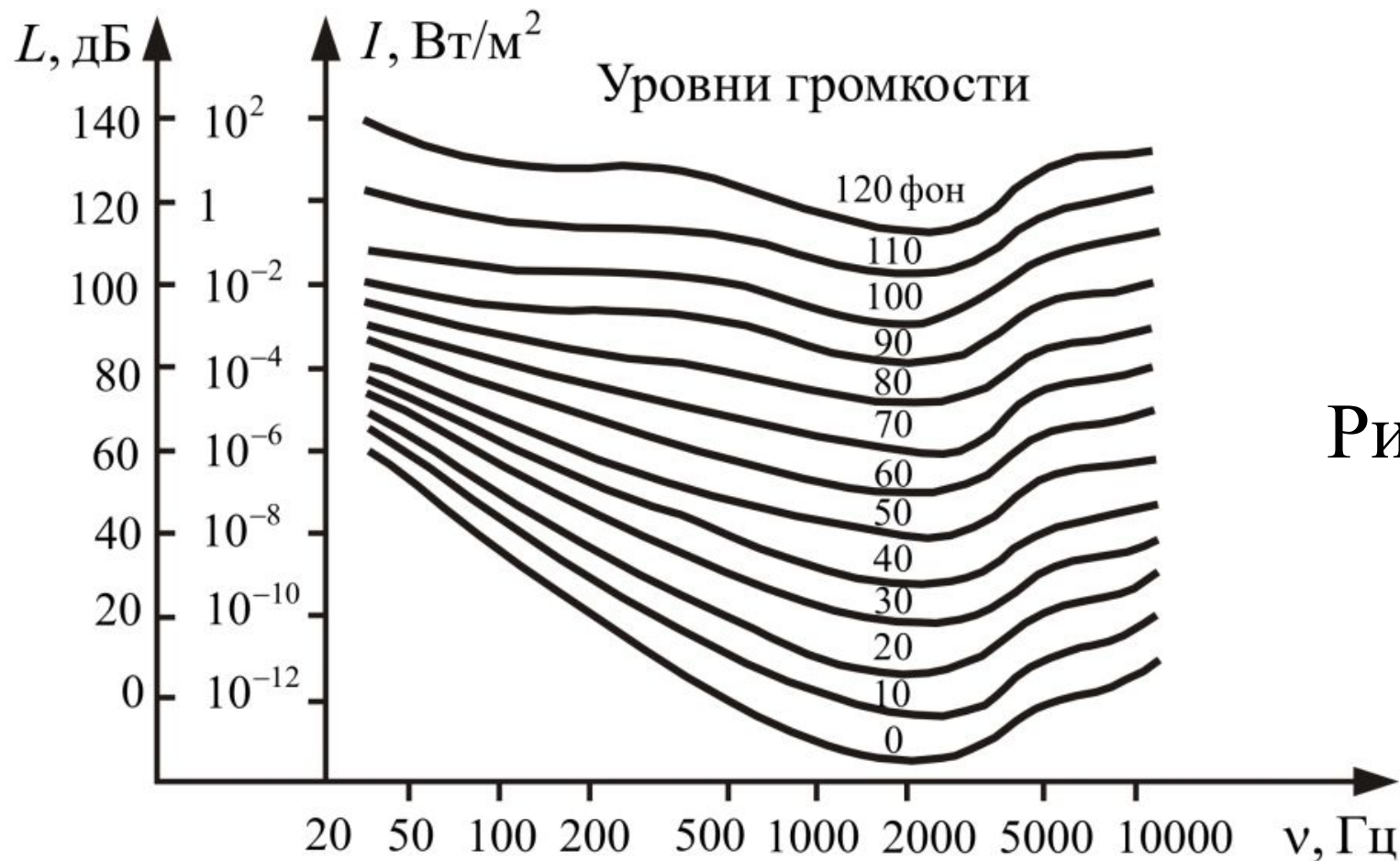


Рис. 7

На рисунке ... приведены кривые равной громкости. Их строят экспериментально. Каждая кривая соответствует одинаковой громкости, но разному уровню интенсивности для разных частот. В таблице 3 приведены уровни интенсивности для различных звуков.

Таблица 3. Характеристики различных звуков

	Уровень интенсивности, дБ	Звуковое давление, Па
Тихий шепот	30	0,0002
Разговорная речь	50	0,006
Крик	80	0,2
Метро	90	0,64
Реактивный двигатель	120	20

§. Звуковые методы исследования

- а) Аускультация* – непосредственное выслушивание звуков, возникающих внутри организма. Приборы: стетоскоп, фонендоскоп.
- б) Фонокардиография* – графическая регистрация тонов и шумов сердца и их диагностическая интерпретация.
- в) Перкуссия* – исследование внутренних органов посредством постукивания по поверхности тела и анализ возникающих при этом звуков. По тону перкуторных звуков определяют состояние и топографию органов.

г) *Аудиометрия* – метод измерения остроты слуха.

Прибор – аудиометр, на нем определяется порог восприятия: $L_{\text{п}} = 10\lg(I_{\text{п}}/I_0)$,

где $L_{\text{п}}$ – пороговая интенсивность звука, которая приводит к возникновению слухового ощущения. Аудиограмма – это спектральная характеристика уха на пороге слышимости. Сравнивая аудиограмму больного пациента с нормальной кривой порога слухового ощущения, ставят диагноз (табл. 4).

Таблица 4. Тугоухость (Международная классификация)

Степень тугоухости	I	II	III	IV
Среднее значение порога восприятия (дБ)	26-40	41-55	56-70	71-90
Глухота	90 дБ			