

# МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

*шпаргалки*



*Используй сам,  
передой 5 однокурсникам,  
и будешь вам счастье  
во время сессии*

**Вера Александровна Подколзина**  
**Медицинская физика**  
**Серия «Шпаргалки»**

*Текст предоставлен правообладателем*  
*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=180394](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=180394)*  
*Медицинская физика: ЭКСМО; Москва; 2007*  
*ISBN 978-5-699-22053-3*

**Аннотация**

Информативные ответы на все вопросы курса «Медицинская физика» в соответствии с Государственным образовательным стандартом.

# Содержание

1. Медицинская физика. Краткая история	4
2. Основные проблемы и понятия метрологии	7
3. Медицинская метрология и ее специфика	10
4. Случайная величина. Закон распределения	13
5. Распределение Максвелла (распределение газовых молекул по скоростям) и Больцмана	16
6. Математическая статистика и корреляционная зависимость	19
Конец ознакомительного фрагмента.	21

# **Вера Александровна Подколзина Медицинская физика**

## **1. Медицинская физика. Краткая история**

Медицинская физика – это наука о системе, которая состоит из физических приборов и излучений, лечебно-диагностических аппаратов и технологий.

Цель медицинской физики – изучение этих систем профилактики и диагностики заболеваний, а также лечение больных с помощью методов и средств физики, математики и техники. Природа заболеваний и механизм выздоровления во многих случаях имеют биофизическое объяснение.

Медицинские физики непосредственно участвуют в лечебно-диагностическом процессе, совмещая физико-медицинские знания, разделяя с врачом ответственность за пациента.

Развитие медицины и физики всегда были тесно переплетены между собой. Еще в глубокой древности медицина использовала в лечебных целях физические факторы, такие

как тепло, холод, звук, свет, различные механические воздействия (Гиппократ, Авиценна и др.).

Первым медицинским физиком был Леонардо да Винчи (пять столетий назад), который проводил исследования механики передвижения человеческого тела. Наиболее плодотворно медицина и физика стали взаимодействовать с конца XVIII – начала XIX вв., когда были открыты электричество и электромагнитные волны, т. е. с наступлением эры электричества.

Назовем несколько имен великих ученых, сделавших важнейшие открытия в разные эпохи.

Конец XIX – середина XX вв. связаны с открытием рентгеновских лучей, радиоактивности, теорий строения атома, электромагнитных излучений. Эти открытия связаны с именами В. К. Рентгена, А. Беккереля,

М. Складовской-Кюри, Д. Томсона, М. Планка, Н. Бора, А. Эйнштейна, Э. Резерфорда. Медицинская физика по-настоящему стала утверждаться как самостоятельная наука и профессия только во второй половине XX в. – с наступлением атомной эры. В медицине стали широко применяться радиодиагностические гамма-аппараты, электронные и протонные ускорители, радиодиагностические гамма-камеры, рентгеновские компьютерные томографы и другие, гипертермия и магнитотерапия, лазерные, ультразвуковые и другие медико-физические технологии и приборы. Медицинская физика имеет много разделов и названий: медицин-

ская радиационная физика, клиническая физика, онкологическая физика, терапевтическая и диагностическая физика.

Самым важным событием в области медицинского обследования можно считать создание компьютерных томографов, которые расширили исследования практически всех органов и систем человеческого организма. ОКТ были установлены в клиниках всего мира, и большое количество физиков, инженеров и врачей работало в области совершенствования техники и методов доведения ее практически до пределов возможного. Развитие радионуклидной диагностики представляет собой сочетание методов радиофармацевтики и физических методов регистрации ионизирующих излучений. Позитронная эмиссионная томография-визуализация была изобретена в 1951 г. и опубликована в работе Л. Ренна.

## **2. Основные проблемы и понятия метрологии**

Метрологией называют науку об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства, способах достижения требуемой точности. Измерением называют нахождение значения физической величины опытным путем с помощью технических средств. Измерения позволяют установить закономерности природы и являются элементом познания окружающего нас мира. Различают измерения прямые, при которых результат получается непосредственно из измерения самой величины (например, измерение температуры тела медицинским термометром, измерение длины предмета линейкой), и косвенные, при которых искомое значение величины находят по известной зависимости между ней и непосредственно измеряемыми величинами (например, определение массы тела при взвешивании с учетом выталкивающей силы, определенной вязкостью жидкости по скорости падения в ней шарика). Технические средства для производства измерений могут быть разных типов. Наиболее известными являются приборы, в которых измерительная информация представляется в форме, доступной для непосредственного восприятия (например, температура представлена в термометре длиной столбика ртути, сила тока – показани-

ем стрелки амперметра или цифровым значением).

Единицей физической величины называют физическую величину, принятую по соглашению в качестве основы для количественной оценки соответствующей физической величины.

Для выражения уровня звукового давления, уровня интенсивности звука, усиления электрического сигнала, выражения частотного интервала и иного удобнее использовать логарифм относительной величины (на– и более распространен десятичный логарифм):

$$\lg = a_2/a_1$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – одноименные физические величины.

Единицей логарифмической величины является бел (Б):

$$1\text{Б} = \lg a_2/a_1,$$

при  $a_2 = 10a_1$ ,

если  $a$  – энергетическая величина (мощность, интенсивность, энергия и т. п.), или

$$1\text{Б} = 2\lg \frac{a_2}{a_1}, \text{ при } a_2 = \sqrt{10 a_1},$$

если  $a$  – силовая величина (сила, механическое напряжение, давление, напряженность электрического поля и т. п.).

Достаточно распространена доля единицы – децибел (дБ):

$$1\text{ дБ} = 0,1\text{Б}.$$

1дБ соответствует соотношению энергетических величин



$$a_2=1,26a:$$

$$1\partial\mathfrak{B}=0,1\mathfrak{B}=0,21\mathfrak{g}\frac{a_2}{a_1};$$

$$\frac{a_2}{a_1}=10^{\frac{1}{20}}=1,58.$$

### **3. Медицинская метрология и ее специфика**

Технические устройства, используемые в медицине, называют обобщенным термином «медицинская техника». Большая часть медицинской техники относится к медицинской аппаратуре, которая в свою очередь подразделяется на медицинские приборы и медицинские аппараты.

Медицинским прибором принято считать техническое устройство, предназначенное для диагностических или лечебных измерений (медицинский термометр, сфигмоманометр, электрокардиограф и др.).

Медицинский аппарат – техническое устройство, позволяющее создавать энергетическое воздействие терапевтического, хирургического или бактерицидного свойства, а также обеспечивать в медицинских целях определенный состав различных субстанций (аппарат УВЧ-терапии, электрохирургии, искусственной почки, ушной протез и др.).

Метрологические требования к медицинским приборам достаточно очевидны. Многие медицинские аппараты призваны оказывать дозирующее энергетическое воздействие на организм, поэтому они и заслуживают внимания метрологической службы. Измерения в медицине достаточно специфичны, поэтому в метрологии выделено отдельное направ-

ление – медицинская метрология.

Рассматривая некоторые проблемы, характерные для медицинской метрологии и частично для медицинского приборостроения, следует отметить: в настоящее время медицинские измерения в большинстве случаев проводит медицинский персонал (врач, медсестра), не являющийся технически подготовленным. Поэтому целесообразно создавать медицинские приборы, градуированные в единицах физических величин, значения которых являются конечной медицинской измерительной информацией (прямые измерения).

Желательно, чтобы времени измерения вплоть до получения полезного результата тратилось как можно меньше, а информация была как можно полнее. Этим требованиям удовлетворяют вычислительные машины.

При метрологическом нормировании медицинского прибора важно учитывать медицинские показания. Врач должен определить, с какой точностью достаточно представить результаты, чтобы можно было сделать диагностический вывод.

Многие медицинские приборы выдают информацию на регистрирующем устройстве (например, электрокардиографе), поэтому следует учитывать погрешности, характерные для этой формы записи.

Одна из проблем – термнологическая. Согласно требованиям метрологии в названии измерительного прибора должна быть указана физическая величина или единица (ампер-

метр, вольтметр, частотомер и др.). Названия для медицинских приборов не отвечают этому принципу (электрокардиограф, фонокардиограф, реограф и др.). Так, электрокардиограф следовало бы назвать милливольтметром с регистрацией показаний.

В ряде медицинских измерений может быть недостаточной информация о связи между непосредственно измеряемой физической величиной и соответствующими медико-биологическими параметрами. Так, например, при клиническом (бескровном) методе измерения давления крови допускается, что давление воздуха внутри манжеты приблизительно равно давлению крови в плечевой артерии.

## 4. Случайная величина. Закон распределения

Определение случайной величины. Многие случайные события могут быть оценены количественно как случайные величины. Случайной называют такую величину, которая принимает значения в зависимости от стечения случайных обстоятельств. Различают дискретные и непрерывные случайные величины.

Распределение дискретной случайной величины. Дискретная величина считается заданной, если указаны возможные ее значения и соответствующие им вероятности. Обозначим дискретную случайную величину  $x$ , ее значения  $x_1, x_2, \dots$ , в вероятности:  $P(x_1) = p_1, P(x_2) = p_2$  и т. д.

Совокупность  $x$  и  $P$  называется распределением дискретной случайной величины.

Так как все возможные значения дискретной случайной величины представляют полную систему, то сумма вероятностей равна единице:

$$\sum_{i=1}^n P(x_i) = 1.$$

Здесь предполагается, что дискретная случайная величина имеет  $n$  значений. Выражение называется условием нор-

мировки.

Во многих случаях наряду с распределением случайной величины или вместо него информацию об этих величинах могут дать числовые параметры, получившие название числовых характеристик случайной величины. Наиболее употребительные из них: 1) математическое ожидание (среднее значение) случайной величины есть сумма произведений всех возможных ее значений на вероятности этих значений;

2) дисперсией случайной величины называют математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

Для непрерывной случайной величины математическое ожидание и дисперсия записываются в виде:

$$M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} [f(x)] dx,$$
$$D(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} [x - M(x)]^2 f(x) dx,$$

где  $f(x)$  – плотность вероятности или функция распределения вероятностей. Она показывает, как изменяется вероятность отнесения к интервалу  $dx$  случайной величины в зависимости от значения самой этой величины. Нормальный закон распределения. В теориях вероятностей и математической статистики, в различных приложениях важную роль играет нормальный закон распределения (закон Гаусса). Случайная величина распределена по этому закону, если плот-

ность ее вероятности имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-(x-a)^2}{2\sigma^2}\right],$$

где  $a = M(x)$  – математическое ожидание случайной величины;

$\sigma$  – среднее квадратное отклонение; следовательно;

$\sigma^2$  – дисперсия случайной величины. Кривая нормального закона распределения имеет колоколообразную форму, симметричную относительно прямой  $x = a$  (центр рассеивания).

## 5. Распределение Максвелла (распределение газовых молекул по скоростям) и Больцмана

Распределение Максвелла – в равновесном состоянии параметры газа (давление, объем и температура) остаются неизменными, однако микросостояния – взаимное расположение молекул, их скорости – непрерывно изменяются. Из-за огромного количества молекул практически нельзя определить значения их скоростей в какой-либо момент, но возможно, считая скорость молекул непрерывной случайной величиной, указать распределение молекул по скоростям. Распределение молекул по скоростям подтверждено различными опытами. Распределение Максвелла можно рассматривать как распределение молекул не только по скоростям, но и по кинетическим энергиям (так как эти понятия взаимосвязаны).

Выделим отдельную молекулу. Хаотичность движения позволяет например для проекции скорости  $V_x$  молекулы принять нормальный закон распределения. В этом случае, как показал Дж. К. Максвелл, плотность вероятности того, что молекула имеет компоненту скорости  $U_x$ , записывается следующим образом:



$$f(U_x) = \left( \frac{m_0}{2\pi KT} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-m_0 \frac{U_x^2}{2KT}},$$

Можно получить максвелловскую функцию распределения вероятностей абсолютных значений скорости (распределение Максвелла по скоростям):

$$f(v) = 4\pi \left( \frac{m_0}{2\pi KT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-m_0 \frac{v^2}{2KT}}.$$

Распределение Больцмана. Если молекулы находятся в каком-либо внешнем силовом поле (например, в гравитационном поле Земли), то можно найти распределение по их потенциальным энергиям, т. е. установить концентрацию частиц, обладающих некоторым определенным значением потенциальной энергии. Распределение частиц по потенциальным энергиям в силовых полях – гравитационном, электрическом и др. – называют распределением Больцмана.

Применительно к гравитационному полю это распределение может быть записано в виде зависимости концентрации  $n$  молекул от высоты  $h$  над уровнем земли, или потенциальной энергии  $mgh$ :

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{KT}}.$$

Такое распределение молекул в поле тяготения Земли

можно качественно, в рамках молекулярно-кинетических представлений, объяснить тем, что на молекулы оказывают влияние два противоположных фактора: гравитационное поле, под действием которого все молекулы притягиваются к Земле, и молекулярно-хаотическое движение, стремящееся равномерно разбросать молекулы по всему возможному объекту.

## 6. Математическая статистика и корреляционная зависимость

Математическая статистика – наука о математических методах систематизации и использования статистических данных для решения научных и практических задач. Математическая статистика тесно примыкает к теории вероятностей и базируется на ее понятиях. Однако главным в математической статистике является не распределение случайных величин, а анализ статистических данных и выяснение, какому распределению они соответствуют. Большая статистическая совокупность, из которой отбирается часть объектов для исследования, называется генеральной совокупностью, а множество объектов, собранных из нее, – выборочной совокупностью, или выборкой. Статистическое распределение – это совокупность вариантов и соответствующих им частот (или относительных частот).

Для наглядности статистические распределения изображают графически в виде полигона и гистограммы.

Полигон частот – ломаная линия, отрезки которой соединяют точки с координатами  $(x_1; p_1), (x_2; p_2) \dots$  или для полигона относительных частот – с координатами  $(x_1, p_1), (x_2, p_2) \dots$

Гистограмма частот – совокупность смежных прямоугольников, построенных на одной прямой линии, основа-

ния прямоугольников одинаковы и равны  $a$ , а высоты равны отношению частоты (или относительной частоты) к  $a$ :

$$\frac{n_i}{na} = \frac{p_i}{a}.$$

Наиболее распространенными характеристиками статистического распределения являются средние величины: мода, медиана и средняя арифметическая (или выборочная средняя). Мода ( $M_o$ ) равна варианту, которой соответствует наибольшая частота. Медиана ( $M_e$ ) равна варианту, которая расположена в середине статистического распределения. Она делит статистический (вариационный) ряд на две равные части. Выборочная средняя ( $X_B$ ) определяется как среднее арифметическое значение вариантов статистического ряда.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.